

L É G K Ö R

57. évfolyam

2012. 1. szám



OKLEVÉL

A Lázár Deák Térképészeti Alapítvány
és az
Országos Széchényi Könyvtár

Digitális Magyar Térkép 2011

pályázatán a

Napijelentés
című mű

III. díjat nyert.

Versenyre nevezte az

Országos Meteorológiai Szolgálat.

Budapest, 2012. március 5.

(Dr. Sajó Andrea)
a bírálóbizottság elnöke

Felelős szerkesztő:

Dunkel Zoltán

a szerkesztőbizottság elnöke

Szerkesztőbizottság:

Bartholy Judit

Bihari Zita olvasó szerkesztő

Haszpra László

Hunkár Márta

Móring Andrea operatív szerkesztő

Sáhó Ágnes technikai szerkesztő

Somfalvi-Tóth Katalin kislexikon

Szudár Béla

Tóth Róbert

ISSN 0 133-3666

A kiadásért felel:

Dunkel Zoltán

az OMSZ elnöke

Készült:

HM Térképészeti Nonprofit Kft.

nyomdájában

800 példányban

Megjelent: 2012. szeptember

Felelős vezető:

Németh László

űv. igazgató

Évi előfizetési díja 1760 Ft

Megrendelhető az OMSZ

Pénzügyi és Számviteli Osztályán

1525 Budapest Pf. 38.

E-mail: legkor@met.hu

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT
ÉS A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

CÍMLAPON: Tél, *Kolláth Kornél, 2006.*

Digitális térkép verseny oklevele	2
Dunkel Zoltán: Dr. Szepesi Dezsőné sz. Lőrincz Anna	4

TANULMÁNYOK

Wantuch Ferenc, Potor Anita: Repülésmeteorológiai előrejelzések lehetséges verifikációja	5
Vig Péter, Pödör Zoltán: Sopron Kodály téri mérőállomás légszennyezettségi adatainak elemzése idősor analízis technikák alkalmazásával	9
Zsikla Ágota: A 2011. évi balatoni és velencei-tavi viharjelzési szezonról	16

KÖZLEMÉNYEK

Mészáros Ernő: A levegő a korai görög gondolkodásban	19
Somfalvi-Tóth Katalin: Kislexikon	23
Jankovics Marcell: Más az a Nap	24

KRÓNIKA

Dr. Antal Emánuel 80 éves	28
A CHOLNOKY ALAPÍTVÁNY FELHÍVÁSA	34
Németh Ákos: A Magyar Meteorológiai Társaság hírei	35
Móring Andrea: 2011/2012 telének időjárása	36
Móring Andrea: A 2011. év időjárása	38
Varga Miklós: Történelmi arcképek – Fröhlich Izidor	43

LIST OF CONTENTS

COVER PAGE: Winter Kornél Kolláth, Hungary, 2006

Carter of digital chart competition	2
Zoltán Dunkel: Dr. Szepesi Dezsőné, Lőrincz Anna	4

STUDIES

Ferenc Wantuch, Anita Potor: Possible Verification Method of Aviation Weather Forecasts	5
Péter Vig and Zoltán Pödör: The Analysis of Air Pollution Data from Kodály-Square, Sopron using Time Series Techniques	9
Ágota Zsikla: About the Storm Warning Season at Lake Balaton and Velencei in 2011	16

COMMUNICATIONS

Ernő Mészáros: The Air in Early Greek Philosophy	19
Katalin Somfalvi-Tóth: Pocket Encyclopaedia	23
Marcell Jankovics: The Sun in an other Approach	24

CHRONICLE

Dr. Emánuel Antal is 80 years old	28
Ákos Németh: News of the Hungarian Meteorological Society	35
Andrea Móring: Weather of Winter 2011/2012	36
Andrea Móring: Weather of 2011	38
Miklós Varga: Historical Portraits – Izidor Fröhlich	43

DR. SZEPESI DEZSŐNÉ LŐRINCZ ANNA

1932 — 2012

Dunkel Zoltán

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., dunkel.z@met.hu

Szomorú szívvel, megtörtén értesültünk róla, hogy a nagy meteorológus generáció újabb tagja távozott körünkől. 2012. április hó 28-án, életének 80. esztendejében, otthonában, szerettei körében elhunyt Lőrincz Anna. Kollégánk Budapesten látta meg a napvilágot 1932. február 16-án. A ceglédi Kossuth Gimnáziumban 1951-ben letett érettségi vizsga után nyert felvételt az Eötvös Loránd Tudományegyetem meteorológus szakára. Az egyetemet elvégezve



1955-ben lépett be az Országos Meteorológiai Intézetbe, tudományos gyakornokként. 1957-től tudományos segédmunkatárs, 1960-tól munkatárs. 1961-ben került a Klimatográfiai Kutató Csoportba. 1964-től az Éghajlati Osztály helyettes vezetője, majd 1965-től ugyanitt osztályvezető. A talajnedvesség-tartalom változásainak éghajlati okaival, a Kárpát-medence hidro-klimatológiai jellemzőivel foglalkozott. Jelentős adatfeldolgozó munkával járult hozzá Magyarország Éghajlati Atlaszához és annak II. kötetéhez, az Adattárhoz. Tudományos eredményeit tucatnyi IDŐJÁRÁS és Beszámoló Kötet cikkben publikálta. Számos könyvismertetést és egyéb közleményt is közzé tett. Tudományos csoportvezetőnek nevezték ki 1969-ben, amikor az Igazgatási Osztályra helyezték át. Ezzel egy időben az intézet tudományos kiadványainak szerkesztését is rábízta. 1977-től, nyugdíjazásáig a Kiadvány és Propaganda osztály vezetője. 1969-től 1987-ig az IDŐJÁRÁS technikai szerkesztője. A Magyar Meteorológiai Társaságban végzett szerkesztői munkáját az MMT 1985-ben Steiner Lajos Emlékéremmel ismerte el. Legjelentősebb alkotása az Akadémiai Kiadó által 1986-ban, a Műszaki Értelmező Szótár 56. köteteként megjelent

METEOROLÓGIA szótár, aminek társszerkesztője és főmunkatársa volt. Egy hosszú, többszakaszos munkát zárt le sikerrel, számos szócikk szerzőjeként, illetve a sok-sok munkatárs által írt anyag egységes rendszerbe való szerkesztésével. 1987 novemberében vonult nyugállományba. Szerettei, barátai, ismerősei május hó 8-án vettek Tőle búcsút a Farkasréti temetőben és kísérték utolsó útjára. Emlékét kegyelettel megőrizzük.

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

A LÉGKÖR célja a meteorológia tárgykörébe tartozó kutatási eredmények, szakmai beszámolók, időjárási események leírásának közlése. A lap elfogad publikálásra szakmai úti beszámolót, időjárási eseményt bemutató fényképet, könyvismertetést is.

A kéziratokat a szerkesztőbizottság lektoráltatja. A lektor nevét a szerzőkkel nem közöljük. Közlésre szánt anyagokat kizárólag elektronikus formában fogadunk el. Az anyagokat a legkor@met.hu címre kérjük beküldeni Word-fájlban. A beküldött szöveg ne tartalmazzon semmiféle speciális formázást. Amennyiben a közlésre szánt szöveghez ábra is tartozik, azokat egyenként kérjük beküldeni, lehetőleg vektoros formában. Az ideális méret 2 MB. Külön Word-fájlban kérjük megadni az ábraalírást. A közlésre szánt táblázatokat akár Word-, akár Excel-fájlban szintén egyenként kérjük megadni. Amennyiben a szerzőnek egyéni elképzelése van a nyomtatásra kerülő közlemény felépítéséről, akkor szívesen fogadunk PDF-fájlt is, de csak PDF-fájllal nem foglalkozunk.

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

HELYESBÍTÉS: A LÉGKÖR 2011/4 számában a 162. oldalon megjelent fénykép aláírásában helytelenül jelent meg Aujeszki Pál neve. Helyesen a kép baloldalán a kitűnő meteorológus Aujeszky László áll.

REPÜLÉSMETEOROLÓGIAI ELŐREJELZÉSEK LEHETSÉGES VERIFIKÁCIÓJA

POSSIBLE VERIFICATION METHOD OF AVIATION WEATHER FORECASTS

Wantuch Ferenc¹ és Potor Anita²

¹Nemzeti Közlekedési Hatóság Légügyi Hivatal, Vecsés, Lincoln u. 1., wantuch.f@gmail.com;

²Felső Tiszavidéki Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Igazgatóság, 4400 Nyíregyháza, Széchenyi u. 19., potorani@gmail.com

Összefoglalás. A meteorológiai egyik legfontosabb alkalmazási területe a repülésmeteorológia. A repülésmeteorológiai előrejelzések megfelelő verifikációja hozzájárulhat az alkalmazott módszerek fejlesztéséhez. A cikk bemutatja a repülőtéri előrejelzések (TAF) verifikációjának egy lehetséges módját, és ismerteti a vonatkozó nemzetközi előírásokat. A vázolt verifikációs módszerek alapján a 2008-as év valamennyi hazai repülőterének előrejelzését kiértékelünk és összehasonlítottuk. Megvizsgáltuk azt is, hogy mekkora hibát vitt az előrejelzésekbe a hosszabb távú előrejelzésekre való átállás a Budapest Liszt Ferenc repülőtér esetén.

Abstract. The aviation meteorology is one of the most important area of the meteorological applications. The correct verification is a good tool for improvement of future forecast methods. A possible method of aerodrome terminals forecasts is described in the article including a short review of the most important international regulations. Described verification method was tested on real meteorological dataset of all domestic airports of Hungary for 2008. The verification score of long and short term forecast were compared for Budapest Liszt Ferenc International Airport.

Bevezetés. A meteorológia egyik legfontosabb alkalmazási területe a repülésmeteorológia. Mivel a repülés biztonságát az előrejelzések pontossága befolyásolja, ezért különösen fontos az időjárás előrejelzések bevalásának ellenőrzése (Caesar, 2007). Megfelelő verifikációs séma alkalmazásával az előrejelzések minősége javítható.

A program bemutatása. A repülőtereken általában félóránként kiadott rendszeres megfigyeléseket METAR táviratoknak (Meteorological Actual Report), a repülőtérre vonatkozó különböző rendszerességgel ismétlődő előrejelzéseket TAF táviratnak (Terminal Aerodrome Forecast) nevezzük. A TAF és a METAR táviratok kódolásának rendjét az ICAO (International Civil Aviation Organization) Annex 3 nemzetközi szabályozás írja elő.

A következőkben a METAR táviraton alapuló verifikációs módszer (Wantuch, 2008) kerül bemutatásra. Kiértékelésünk során feltettük, hogy a repülőtéri észlelő tökéletesen végzi a munkáját, azaz mind a fellépő időjárási elemeket, mind azok intenzitását helyesen ítéli meg, továbbá olyan egyéb, pl. felhőzeti megfigyeléseket végez, amelyek leírják a repülőtér és annak - megfelelő ICAO által definiált környezetében - végbement változásokat. Meteorológiai távérzékelési eszközök nyújtotta információkat nem építünk bele az eljárásunkba, mert ez megakadályozta, illetve jelentősen megnehezítette volna a kiértékelő program hordozhatóságát.

A program alkalmas egyedi előrejelzések számszerű kiértékelésére, előrejelzési időszakok számszerű össze-

hasonlítására, valamint repülésmeteorológusok, azaz az előrejelzők munkájának összevetésére. A verifikációt a szélirány, szélesség, széllökés, látástávolság elemekre végzi el a program, de számításba veszi a felhőzet, illetve egyéb, a repülésre veszélyes meteorológiai elemek előrejelzésének pontosságát is. 2008. november 5-én a repülésmeteorológiai kódok kódolási szabályzata megváltozott; kiértékelő programunk képes értelmezni a régi és az új típusú táviratokat is.

Az automatikus verifikáció elvégzéséhez kidolgozott program archiválja a forgalomba kerülő időjárás-jelentő és előrejelző táviratokat, szétválogatja a meteorológiai elemeket külön fájlokba, illetve a verifikálásra kiválasztott TAF-hoz megkeresi a hozzá tartozó METAR – egyes esetekben METAR-ok – értékeit. A verifikáció elvégzéséhez szükséges C++ nyelven írt program (Wantuch, 2008) Windows és Unix rendszerben is használható. A felhasználó a programot parancs fájlban keresztül futtathatja. Ebben lehet beállítani a kiértékelésre kiválasztott TAF paramétereit, valamint a keletkező fájlok helye is megadható. Lehetőség van parancssorok beírása nélküli, grafikus felületen keresztül történő programfuttatásra is.

Az elemek szelektálása előtt a program formai ellenőrzést végez: például a változást jelző csoportok időintervalluma a távirat érvényességi idején belül van-e, szerepel-e elírás benne stb. Ha az előrejelzés nem felel az ICAO által előírt követelményeknek, hibaüzenet jelenik meg a képernyőn, s így tulajdonképpen a verifikáció már az előfeldolgozással megkezdődik. (Az ellenőrző program hatásköre a METAR-

okra is kiterjed, s az észlelőkhöz eljuttatott hibagyűjtemény az ő munkájuk minőségének javulását is elősegíti.) A kiválogatás során mind a METAR, mind a TAF esetén karakterenként olvassa be a program a sorokat, és a csoportok jellegzetessége alapján különíti el és gyűjti ki a meteorológiai elemeket. A szélcsoporthoz például a benne szereplő KT (szélsebesség csomóban megadva) vagy MPS (szélsebesség m/s-ban megadva) karakterek alapján azonosítja. Egy újabb parancsot futtatva hosszabb időtartam is kiértékelhető.

Az eredményeket százalékos formában kapjuk meg úgy, hogy a program félóránként összehasonlítja a TAF-ban szereplő értékeket a METAR-éval, és valamennyi elemre előállítja a bevételeket. A félórás értékek átlaga jellemzi az adott előrejelzés bevételeit.

A TAF mérőszámmal történő értékelése.

A következőkben bemutatjuk, hogy a program milyen elvek alapján végzi az összehasonlítást, és hogyan kapjuk meg a százalékos bevételeket. Az általános elv a következő: a METAR-ban lévő érték kerül összehasonlításra a TAF-ban lévő értékekkel. Ha csak egyetlen érték (az úgynevezett alap) szerepel az előrejelző táviratban, akkor azzal, ha az alap mellett TEMPO (időnkénti változás), és (vagy) PROB TEMPO (kis valószínűséggel fellépő időnkénti változás) csoport is szerepel, akkor azokkal is megtörténik az összevetés. A félórás bevételek értéke több csoport esetén a csoportok bevételeinek számtani közepe. Így az előrejelző, illetve a prognózis bizonytalansága is belekerül a mérőszámokba. A távirat félóránkénti bevételeinek átlaga adja a TAF bevételeit.

Az egyes elemekre különböző szabályok által történik a bevételek meghatározása, figyelembe véve a repülés szempontjából veszélyes paramétereket.

Szélirány: Alacsonyabb szélsebességnél – ami különösen nyáron napközben fordul elő –, a szél változása sokkal nagyobb, de ennek sem prognosztikai, sem repülési jelentősége nincs, ezért itt sokkal enyhébbek a kritériumok.

- Ha a METAR-ban szereplő szélirányhoz tartozó sebesség 5 KT vagy kisebb, akkor
 - +/- 60° vagy annál kisebb eltérés esetén 100%;
 - +/- 60°-nál nagyobb, de 80° vagy annál kisebb eltérés esetén 50%;
 - +/- 80°-nál nagyobb eltérés esetén 0%.
- Ha a METAR-ban szereplő szélirányhoz tartozó sebesség 6 KT vagy nagyobb, és 10 KT vagy kisebb, akkor
 - +/- 40° vagy annál kisebb eltérés esetén 100%;
 - +/- 40°-nál nagyobb, de 60° vagy annál kisebb eltérés esetén 50%;
 - +/- 60°-nál nagyobb eltérés esetén 0%.
- Ha a METAR-ban szereplő szélirányhoz tartozó sebesség 10 KT-nál nagyobb, akkor
 - +/- 20° vagy annál kisebb eltérés esetén 100%;
 - +/- 20°-nál nagyobb, de 40° vagy annál kisebb eltérés esetén 50%;

– +/- 40°-nál nagyobb eltérés esetén 0%.

- Ha a METAR szélirányhoz tartozó sebesség 5 KT-nál kisebb, és akár a METAR-ban, akár a TAF-ban változó irányú szél (VRB) szerepel, akkor, ha a nem VRB-hez tartozó szélsebesség
 - 5 KT vagy annál kisebb, a bevétele 100%;
 - 6-7 KT esetén a bevétele 50%;
 - 8-9 KT esetén a bevétele 30%;
 - 10 KT vagy annál nagyobb, a bevétele 0%.

Szélsebesség: A tényleges és az előrejelzett szélsebességek összevetése történik. A bevétele megadása százalékosan történik (a szélcsend 1 KT-val kerül számításra). Például, ha a TAF-ban 6 KT-s szél szerepel, és a METAR-ban 9 KT-t adott az észlelő, az előrejelzés, 66.7 %; ha az előrejelzett és a tényleges sebesség megegyezik, a bevétele 100 százalékos.

- A bizonytalanabb megadású TAF-nál – a fenti általános elvek szerint – alacsonyabb lesz a bevétele.
- Folyamatos változást jelző csoport alkalmazása esetén, ha a szélsebesség a BECMG (időjárás megváltozása csoport) kezdeti és végpontjában közölt sebességek közé esik, a bevétele 100%.
- Folyamatos változást jelző csoport alkalmazása esetén, ha a szélsebesség nem a BECMG kezdeti és végpontjában közölt sebességek közé esik, az észlelő által mért adatot azzal a végponttal kell összevetni, amelyik közelebb esik hozzá.
- Ha az előrejelzett és a tényleges szélsebesség egyaránt 5 KT vagy kisebb, akkor a bevétele 100%.

Szállókés: A tényleges és az előrejelzett szállókések összevetése történik. A bevétele megadása százalékosan történik.

- Ha nem volt szállókés, és nem is jelezték előre, akkor a bevétele 100%.
- Ha előre jelezték, de a METAR-ban nem szerepelt az adott félórára, illetve volt szállókés, de nem szerepelt a TAF-ban, az időszakra a bevétele 0%.
- Ha a szállókést előre jelezték, a METAR-ban viszont nem szerepel, de az alapszél sebessége meghaladja a 14 KT-t, a prognosztizált elemet az észlelt alapszállóval kell összevetni.
- Ha a szállókés előre volt jelezve, de a METAR-ban nem szerepelt, akkor a METAR-ban lévő átlagszél+8 KT-val vesszük figyelembe a szállókést – ha az alapszél egyébként eléri a 8 KT-t.
- Ha szállókés a METAR-ban szerepel, de nem volt előre jelezve, akkor a TAF-ban lévő átlagszél + 8 KT-val vesszük figyelembe a szállókést – ha az alapszél egyébként eléri a 8 KT-t.
- Ha 10 KT-t eléri a különbség a TAF és a METAR közötti átlagszállónál és lökésnél egyaránt, akkor az egész TAF 0%-os lesz.
- Folyamatos változást jelző csoport esetén a kiértékelés a szélsebességhez hasonló módon történik.
- Mivel a szállókés a repülésre nézve igen veszélyes elem, az 50%-nál alacsonyabb bevételeket minden esetben 0%-nak kell tekinteni.

Látástávolság: A tényleges és az előrejelzett látástávolságok összevetése történik. A beválás megadása százalékosan történik.

- CAVOK, 9999 megadásakor 10 km-es látástávolsággal történik az értékelés.
- Folyamatos változást jelző csoport esetén a kiértékelés a szélsőbességhöz hasonló módon történik.
- Mivel az alacsony látástávolság a repülésre igen veszélyes elem, ezért ha a látástávolság (akár a tényleges, akár a prognosztizált) kisebb 3000 m-nél, és az előrejelzés 55%-nál alacsonyabb beválású, a TAF az adott fél órában 0%-os.

Felhőzet és jelenidő: Ezen elemek teljes körű verifikációja még nem megoldott, de az igazán veszélyes jelenségek kiszűrésre kerülnek az alábbi feltételek alapján.

- Ha a METAR-ban Cumulonimbus felhőzet előfordul egy adott fél órában úgy, hogy az nem lett előre jelezve, a TAF összesített beválása 0%.
- Ha a METAR-ban zivatar, ónos jellegű csapadék, közepes vagy erős intenzitású havazás fordul elő egy adott félórán úgy, hogy az nem lett előre jelezve, a TAF összesített beválása lenullázódik.
- Ha a TAF-ban Cumulonimbus felhőzetet jeleztek előre, viszont a METAR-ban nem szerepelt, akkor az összesített beválásból levonjuk a 20%-át.

Előrejelzések minősítése az ANNEX 3 alapján. 2007 júliusában, Annex 3. kiadványában az ICAO megfogalmazta, milyen követelményeket kíván meg a repülőtéren TAF előrejelzésekkel kapcsolatban. Ez egyelőre „csak” ajánlott eljárás, de egységes alkalmazását kívánatosnak tartják a nemzetközi repülés biztonsága, rendszeressége vagy hatékonysága érdekében, és ehhez a szerződő államok az Egyezménynek megfelelően igyekeznek is alkalmazkodni.

I. táblázat: Az előrejelzések üzemelési szempontból megkívánt pontossága (ICAO, 2007).

Előrejelzendő elemek	Előrejelzések üzemeltetési szempontból kívánatos pontossága	A tartományon belüli esetek minimális százaléka
Szélirány	±20°	az esetek 80%-a
Szélsőbesség	±10 km/h (5csomó)	az esetek 80%-a
Látás	±200 m 800 m-ig ±30% 800 m és 10 km között	az esetek 80%-a
Csapadék	Előfordulás vagy nem-előfordulás	az esetek 80%-a
Felhő mennyiség	Egy kategória 450 m (1500 láb) alatt BKN vagy OVC előfordulása vagy nem-előfordulása 450 m (1500 láb) és 3000 m (10000 láb) között	az esetek 70%-a
Felhő magasság	±30 m (100 láb) 300 m-ig (1000 láb) ±30% 300 m (1000 láb) és 3000 m (10000 láb) között	az esetek 70%-a
Levegő hőmérséklet	±1°C	az esetek 70%-a

Az I. táblázat alapján, ha az előrejelzések pontossága a második oszlopban bemutatott, üzemelési szempontból kívánatos tartományon belül marad az eseteknek a harmadik oszlopban jelölt százalékánál, akkor az előrejelzés

hibáinak hatása nem tekinthető lényegesnek a navigációs hibák és más üzemelési bizonytalanságok hatásaihoz képest, tehát az előrejelzés jó.

A fenti táblázat alapján készült program karakterenként olvassa be a METAR és a TAF táviratban szereplő csoportokat, majd félórás időlépcsőben hasonlítja össze az észlelt és előrejelzett értékeket a táblázatban szereplő kritériumok alapján. Ez után a félórás eredményeket együtt vizsgálja, és egy szöveg fájlba írja ki, hogy hány százalékban feleltek meg az elvárásoknak. Mivel általában nem jellemző a hőmérséklet előrejelzése a repülési táviratokban, ezért ennek az elemnek az értékelésétől el kellett, hogy tekintsünk. A konkrét kiértékelő algoritmusban azonban számos problémát meg kellett oldanunk, amire jelen cikkben nem tudunk részletesen kitérni. Felhőzet esetén a METAR táviratban előforduló felhőcsoportok minden egyes eleméhez megkeressük az előrejelzésben a rávonatkozó időpontban, a hozzá leginkább hasonlító felhőcsoportot, és így végezzük el az összehasonlítást. Figyelembe véve természetesen az SKC (felhőtlen)¹, NSC (nincs jellegzetes felhőzet) és a CAVOK (a pontos definíciót most mellőzve a látástávolság, a felhőzet és jelenidő szempontjából optimális repülő idő) kategóriákat is. Összességében azonban ezek a kritériumok lényegesen egyszerűbbek, mint az előző verifikáció esetén, nincsenek átmeneti értékek, tehát egy TAF minősége vagy megfelelő, vagy nem megfelelő.

A 2008-as évre elvégzett kiértékelés tapasztalatai. A 2008-as évre 5 hazai repülőtér esetén végeztük el a verifikációkat. A következőkben néhány eredményt fogunk ismertetni.

A II. táblázatban összefoglaltuk a saját módszer szerinti beválásokat. Az utolsó sor az összesített beválást mutatja, amely szinte minden esetben alacsonyabb az első négy csoport átlagánál. Ennek oka, hogy az összesített beválás tartalmazza azon levonásokat is, ha a meteorológusok nem jelezték előre a repülés szempontjából veszélyes eseményeket, mint például a CB felhőzet, zivatar, ónos jellegű csapadék, havazás (Wantuch és Potor, 2009). A legalacsonyabb beválás mind az 5 repülőtér esetén a szélsőbesség előrejelzésénél volt.

A következő táblázatban az öt repülőtérre jellemző minimum, maximum (a hozzá tartozó hónappal) és az átlag szélirány beválási értékek szerepelnek.

A következő, IV. táblázatban az Annex 3-ban előírt kritériumrendszer alapján kapott eredményeket láthatjuk. Egy állomás szélirány-, szélsőbesség- és látástávolság előrejelzései megfelelőek, ha az esetek 80%-ában a korábban bemutatott kritikus értékeken belül maradnak, felhő almagasság és felhőzet mennyiség előrejelzése esetén pedig az esetek 70%-ában. Ezen kritériumok alapján arra, hogy az egyes hónapokban hány nap volt, amikor az előrejelzés

¹ 2008. november 5-e óta az SKC-t nem használják, de az értékelési időszakban még használatos volt.

pontossága nem érte el az ICAO által megkívánt százalékot, a 2008-as évre a következő eredményeket kaptunk. Mivel egy nap több TAF-ot is kiadnak, és ezek száma az öt repülőtéren eltérő, ezért az egyszerűség kedvéért az egy nap kiadott előrejelzések átlagát tekintettük, és erre az értékre vizsgáltuk az eredményeket.

A vizsgálatok során bebizonyosodott, hogy a civil repülőtereken készült előrejelzések némileg pontosabbak, mint a katonai repülőterek előrejelzései, ezen belül is a budapesti repülőtéren tapasztalhatóak a legjobb beválású előrejelzések. Ennek az lehet az oka, hogy a katonai repülőtereken nem állnak rendelkezésre az ALADIN finom felbontású modell adatai. Az összehasonlított elemek közül a szélsőbesség előrejelzésénél voltak a legalacsonyabb beválások minden tanulmányozott repülőtéren, illetve a veszélyes jelenidőt és felhőzetet tartalmazó összesített kiértékelésnél is tapasztalunk alacsony értékeket. A látástávolság, szélirány és szélleőkés elemek előrejelzése egész éves átlagban jól sikerült, de néhány, ritkán előforduló időjárási helyzetben ezek előrejelzésének beválása is meglehetősen alacsony értékeket mutatott.

II. táblázat: Meteorológiai előrejelzések kiértékelése a TAF táviratok beválása alapján 2008-ra öt hazai repülőtérről [%] (LHBP – Budapest Ferihegy, LHDC – Debrecen, LHKE – Kecskemét, LHPA – Pápa, LHSN – Szolnok).

	LHBP	LHDC	LHKE	LHPA	LHSN
Szélirány	86	85	90	78	79
Látástávolság	85	86	82	75	76
Szélleőkés	82	84	86	74	77
Szélsőbesség	78	83	79	70	74
Összesített	83	82	83	74	75

III. táblázat: A szélirány előrejelzésének beválása öt hazai repülőtérről 2008-ban.

Szélirány	MIN	MAX	ÁTLAG
LHBP	82% (május)	90% (szeptember)	86%
LHDC	77% (május)	96% (december)	85%
LHKE	75% (február)	89% (október)	82%
LHPA	64% (március)	88% (október)	78%
LHSN	73% (március)	91% (október)	83%

IV. táblázat: Nem megfelelő előrejelzések száma napokban, 2008-ban öt hazai repülőtérről.

	Szélirány	Szélsebesség	Látástávolság	Felhőalap	Felhőmennyiség
LHBP	318	44	25	157	58
LHDC	289	81	6	196	43
LHKE	314	81	22	125	44
LHPA	318	133	8	198	51
LHSN	325	31	45	122	34

Feldolgozásra került a szélirány, szélsőbesség, látástávolság, felhőalap-magasság és a felhőzet mennyisége az ICAO ajánlás alapján. A programban alkalmazott kritériumrendszerek ugyan nem olyan részletesek, mint az előző programbeliek, de eleget tesznek az ICAO új elvárásainak. A legnagyobb probléma a szélirány előrejelzésével volt. Itt voltak a leggyengébb eredmények. A felhőzet kiértékelésekor csak a 3000 m-nél alacsonyabb alpmagasságú felhőzet számított, ezért tapasztalhatóak gyenge értékek a felhőalap előrejelzésénél. Viszont a felhőzet mennyiségének a kiértékelésekor mind az öt repülőtér nagyon jó eredményeket produkált. A kiértékelés során nem tapasztalható olyan nagy különbség a civil és a katonai állomások között, mint amit az előző program eredményeinél megfigyelhettünk. Részletesebb következtetések levonásához azonban hosszabb időszak kiértékelésére lenne szükség.

2008 novemberében a Budapest Liszt Ferenc repülőtérről szóló előrejelzések a korábbi 9 órásról 24 órára változtak, ez egyértelműen a beválás leromlásával járt. Minden előrejelzést a most bemutatott kritériumrendszerrel értékeltünk ki, így hosszabb időszak esetén a jövőben összehasonlíthatóvá válik a különbség a rövid és a hosszabb távra szóló előrejelzések között. Repülésmeteorológiai előrejelzések verifikációja eddig csak az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSZ) történt a Ferihegyi repülőtérről. Ugyanakkor néhány éven belül várható, hogy az ICAO a tagországokban kötelezővé teszi egy egységes TAF verifikációs szoftver alkalmazását. Néhány európai ország jelenleg is használ közös TAF kiértékelési módszert, de még korántsem egyöntetűek az alkalmazott statisztikák és szoftverek. Számos országban nincs ilyen fajta tevékenység, illetve jelenleg is kifejlesztés alatt áll ilyen típusú program kidolgozása.

A most bemutatott program Magyarországon kívül még Máltán fut operatíván, de a szerzőket megkeresték már Olaszországból is. A Skandináv térség országai közös TAF verifikáló programot szeretnének a közeljövőben kidolgozni, ezért szintén felvettük velünk a kapcsolatot. A kialakult együttműködés keretében, finn repülőterek repülésmeteorológiai előrejelzéseit is értékeltük, és az eredményeket az alkalmazott módszerek bemutatásával megküldtük a finn repülésmeteorológus kollegáknak.

Irodalom

- Caesar, K., 2007: CMO Terminal Aerodrome Forecast Verification Programme. Caribbean Meteorological Council – 47, St. Vincent. 2007.
- International Civil Aviation Organization (ICAO), 2007: Use of aeronautical broadcasting service. Attachment B. operationally desirable accuracy of forecasts.
- Wantuch, F., 2008: Repülésmeteorológiai előrejelzések beválásának automatikus kiértékelése katonai repülőtereken. Repüléstudományi Konferencia, Szolnok, 2008.
- Wantuch, F. és Potor, A., 2009: A magyarországi repülőterek TAF előrejelzéseinek összehasonlító verifikációja. Repüléstudományi Konferencia, Szolnok, 2009.

SOPRON KODÁLY TÉRI MÉRŐÁLLOMÁS LÉGSZENNYEZETTSÉGI ADATAINAK ELEMZÉSE IDŐSOR ANALÍZIS TECHNIKÁK ALKALMAZÁSÁVAL

THE ANALYSIS OF AIR POLLUTION DATA FROM SOPRON KODÁLY-TÉR USING TIME SERIES TECHNIQUES

Vig Péter¹ és Pödör Zoltán²

¹ NYME EMK Környezet- és Földtudományi Intézet, pvig@emk.nyme.hu

² NYME EMK Matematikai Intézet, podzol@emk.nyme.hu

NYME, 9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

Összefoglalás. Az emberiség számára megfelelő környezet fenntartása egy rendkívül komoly és nehéz feladat. Az ipar és a gazdaság utóbbi évtizedekben tapasztalható fejlődése, növekedése a levegő minőségét is jelentősen befolyásolja, ami pedig környezetünk egyik alapeleme, létünk alappillére. Így fontos feladat a levegő minőségének vizsgálata. Dolgozatunkban Sopron Kodály téri mérőállomásának 5 éves adatsorát elemezzük, megvizsgáljuk a mért paraméterek közti kapcsolatokat korreláció analízissel. Elemezzük a fontos paraméterek tendenciáját a fenti időszakban regresszió analízissel, illetve vizsgáljuk ezen attribútumok éves lefutásait is. Valamint vizsgáljuk, hogy az egészségügyi határértéket meghaladó mérések száma, nagysága hogyan alakult a fenti időszakban.

Kulcsszavak: légszennyezettség, idősorok, korrelációs számítás, lineáris regresszió, határérték túllépések

Abstract. Maintenance of a suitable environment for humanity is an extremely serious and difficult task. The development and growth of industry and economy in recent decades has significantly influenced the air quality, which is one of the keystones of our environment and existence. Hence it is really important to analyze the air quality. In this paper, we analyze the five-year data of the Kodály-tér measurement centre in Sopron; correlation analysis was used to examine the relationships between the measured parameters. We study the trend of the important parameters in the above mentioned time period and we also analyze the yearly sequence of these attributes. In addition we examine how the number and size of the measurements changed which have exceeded the hygienic limit value in this period.

Keywords: air pollution, time series, correlation analysis, linear regression, limit value exceeding

Bevezetés. Az utóbbi években egyre gyakrabban fogalmazódik meg a hétköznapi emberekben is az „élhető környezet” kialakításának igénye. A fogalom egy nagyon sokrétű problémát takar, és bizonyos értelemben rokon jelentésű a fenntartható fejlődéssel. Ez esetben azt vizsgáljuk, hogyan lehet úgy használni, kihasználni környezetünket, hogy az hosszú távon is elfogadható, fenntartható legyen. Ezt a problémát sok aspektusból lehet megközelíteni, mi most a légszennyezettségi adatok vizsgálatának irányából tesszük ezt, hiszen a levegő szennyezése, összetevő komponenseinek változása is nagyrészt az emberi tevékenységre vezethető vissza. Másrészt a humán komfort szempontjából is meghatározó jelentőségű a levegő minősége, hiszen a civilizációs ártalmak között Sopronban is nagy szerepe van a légszennyezettségből eredő hatásoknak. Érdekes, hogy a környező erdők, a gyakori szél ellenére a város levegőkörnyezeti állapota nem olyan kedvező, mint azt gondolnánk.

Sopronban a légszennyező anyagok koncentrációját 1978 októberétől a Regionális Immisszió Vizsgáló Hálózat (RIV) állomásainak adataiból követhetjük nyomon. A városban működő három mérőállomás egy forgalmas útkereszteződés (Csengery u.), egy lakóövezet (Szarvaskői u.) és egy erdei környezetben elhelyezkedő gyógyhely (Állami Szanatórium, Várisi út) levegőjének szennyezettségéről szolgáltat mintát. A mérések a kén-dioxid (SO₂), a nitrogén-dioxid (NO₂) és az üledék por mennyiségére vonatkoznak. 2003 decembere óta működik a Kodály téren az Országos Lég-

szennyezés Mérő Hálózat (OLM) mérőkonténere, amely a városi háttérszennyezettséget méri, a mért elemek listája az 1. ábrán látható. A Szarvaskői úti óvodában elhelyezett mérőegységet a Kodály téri állomás közelsége miatt azóta nem üzemeltetik.

Dolgozatunkban a Kodály téri mérőállomás adatait vizsgáljuk elemzés alá. Az adatok 2004. január 1-től 2008 végéig állnak rendelkezésre. A mérések órás gyakoriságúak, és 22 komponensre mérnek. Fontos megemlíteni, hogy az alkalmazott mérési technika természetéből adódóan a nyers adatbázisban több helyen is voltak hosszabb-rövidebb adathiányok, illetve teljes rekordhiányok. Ezek mennyisége és eloszlása azonban nem befolyásolja érdemben a vizsgálatot.

Elemzésünkben kiemelten foglalkozunk az NO₂, O₃ és PM₁₀ (levegőben képződő szállópor) komponensek vizsgálatával, ezeknek más komponensekhez fűződő viszonyával. Az NO₂ a közlekedéssel erősen összefüggő komponens, az O₃ egy másodlagos szennyező, melynek mennyisége a szmog problémájával áll kapcsolatban, a PM₁₀ pedig az általános közérzetet jelentősen befolyásoló tényező. Ez utóbbi komponenssel már csak azért is érdemes külön foglalkozni, mert a légszennyezésből adódó megbetegedések jelentős része a szállóporral függ össze.

Dolgozatunkban először megvizsgáljuk az egyes komponensek közötti kapcsolatokat a teljes időszak tekintetében, korreláció elemzést alkalmazva. Majd a kiemelt komponen-

sek (NO_2 , O_3 , PM_{10}) viselkedését elemezzük a 2004-2008-as időszakban (regressziós technika, ciklikusság vizsgálat). Ezután vizsgáljuk ezen komponensek éves lefutásait, az ezekben tapasztalható különbségeket, ezek lehetséges okait. Végül pedig az egészségügyi határértéket meghaladó mérések számának, mértékének alakulását.

Az adatsorok elemzéseikhez az R-programcsomagot használjuk, mely egy nyílt szoftverkönyezet, kifejezetten statisztikai,

rangkorreláció negatív lesz. Így alkalmas pl. rangsor típusú adatsorok esetén is, míg a Pearson-féle korreláció ott nem feltétlenül helyesen működne. Fontos megjegyezni, hogy a rangkorreláció nem ugyanazt mutatja ki, mint a Pearson-féle korreláció, pl. (0,1), (10,100), (101,500), (102,2000) számpárok sorozata esetén a rangkorrelációk teljes egyezést mutatnak, hiszen mindkét sorozat nő, míg a korrelációs érték csak 0,456, vagyis a számpárok távol esnek a fenti

1. táblázat: Ózonnal negatívan korreláló komponensek

ózon koncentráció negatív korreláltsága más paraméterekkel												
	NO	NO_2	NO_x	CO	Benzol	Toluol	MPxylol	Etilb.	Oxylol	PM_{10}	Legny.	Parat.
O_3	-0.480	-0.699	-0.609	-0.315	-0.430	-0.502	-0.431	-0.423	-0.435	-0.318	-0.199	-0.708

titikai, idősor analitikai problémák kezelésére és grafikus megjelenítésére. Együttal egy olyan programozási nyelv, melynek segítségével saját alkalmazásokat is fejleszthetünk, illetve számtalan kiegészítő csomag áll rendelkezésre, valamint szabadon fejleszthetők alá újabb csomagok (Dalgard, 2008).

1. A 2004-2008-as teljes időszak adatainak vizsgálata.

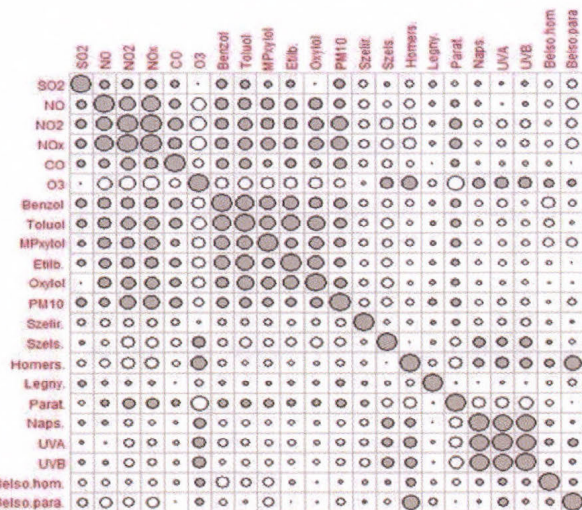
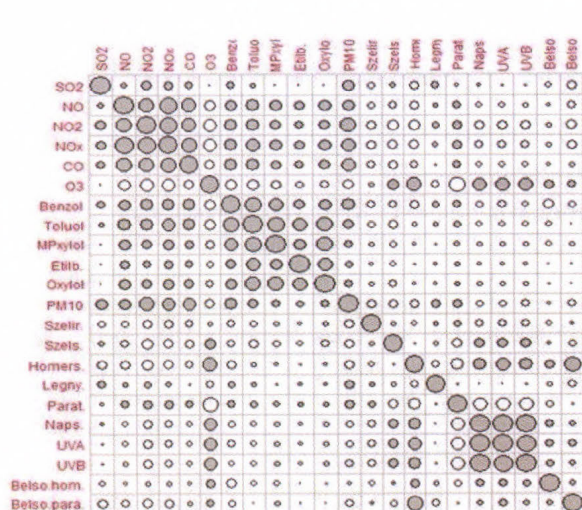
1.1. Komponensek közti kapcsolatok, korreláció vizsgálat.

A vizsgálatokban gyakran alkalmazott Pearson-féle korrelációs együttható (r) a vizsgált változók közti lineáris kapcsolat erősségét (nagyság), illetve irányát (előjel) jellemzi. Az r értéke dimenzió nélküli szám és a $[-1, +1]$ zárt intervallumban helyezkedik el: $r < 0$ esetén negatív, $r > 0$ értéknél pozitív korreláltságról beszélünk. Ha az $r = 0$, akkor a vizsgált két változó kapcsolatát korrelálatlannak nevezzük lineáris értelemben.

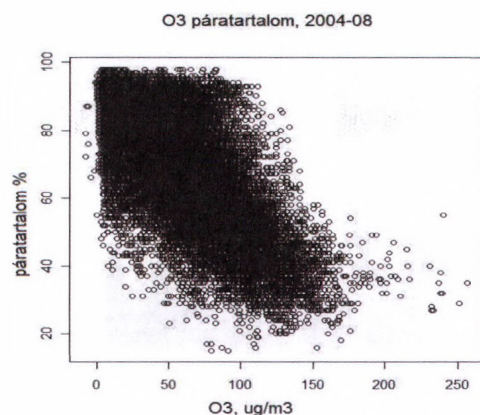
Ezzel szemben az ún. rangkorrelációs együtthatók azt mérik, hogy a két adatsor együtt változik-e, azaz ha pl. az egyik sorozat nő, és ezzel együtt a másik csökken, akkor a

pontpárookra illeszthető regressziós egyenestől. A rangkorreláció mérésére a Spearman-, illetve Kendall-féle korrelációs együtthatókat szokták alkalmazni. Vizsgálatunkban az előbbi használjuk a Pearson-féle korreláció mellett (Spiegel, 1995, Rodgers, 1988) (1. ábra).

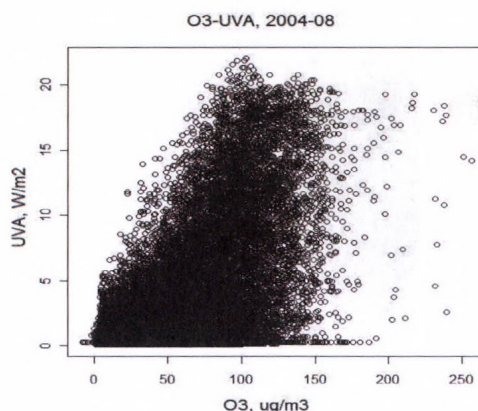
A korrelációs mátrixok fenti grafikus megjelenítése alapján jól láthatóak a jellemző kapcsolatok, illetve azok iránya az egyes komponensek között (a körök nagysága jelzi a korreláció erősségét, a színárnyalat pedig az irányát, a fehér a negatív, a sötétebb árnyalat a pozitív korrelációt mutatja). Érdekes megvizsgálni, hogy a két típusú korreláció (Pearson, Spearman) által adott eredmény mennyire fedi egymást, mennyire ugyanazt az eredményt adják. Erre egy lehetőség a két korrelációs mátrix közti távolság (Székely et al., 2007) meghatározása, melynek eredménye egy d érték a $[0, 1]$ intervallumból. Az 1-hez közeli érték jelzi, hogy a két mátrix közti távolság kicsi (hasonlóság nagy), míg a 0 közeli érték azt mutatja, hogy a két mátrix közti távolság nagy (hasonlóság kicsi). A mi esetünkben d értéke 0,9877, ami azt mutatja, hogy a paraméteres, illetve



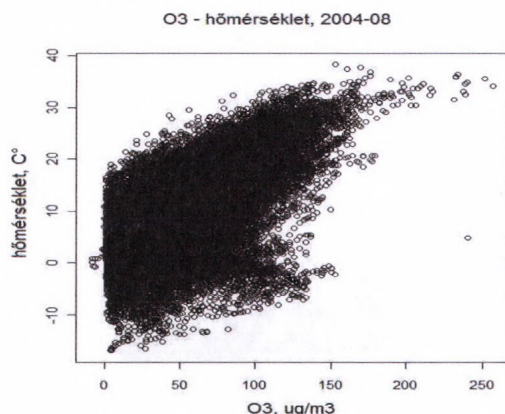
1. ábra: A teljes adatsor korrelációs mátrixainak grafikus megjelenítése



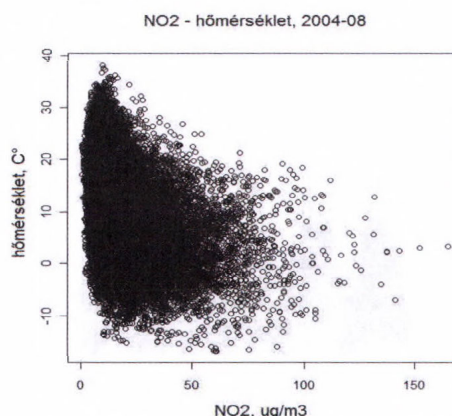
2. ábra: Ózon-páratartalom kapcsolat



3. ábra: Ózon-UVA sugárzás kapcsolat



4. ábra: Ózon-hőmérséklet kapcsolat



5. ábra: Nitrogéndioxid-hőmérséklet kapcsolat

nemparaméteres korreláció eredményei jól fedik egymást. Így a továbbiakban a korrelációs értékeken a Pearson-féle korrelációs együttható értékeit értjük.

Emeljük ki és vizsgáljuk az érdekes és erősnek mondható összefüggéseket a fenti korrelációs mátrixok alapján, különösen az NO_2 , O_3 , PM_{10} vonatkozásában a teljes vizsgált időszak tekintetében! A korrelációs mátrix grafikus megjelenítése segítségével könnyebben áttekinthetőek az összefüggések, melyek számszerű értékét már ki tudjuk olvasni a tényleges értékeket tartalmazó korrelációs mátrixból. Érdekes megfigyelni, hogy az ózon koncentráció mértéke a többi mért paraméterrel jellemzően negatív korrelációt mutat, sőt kifejezetten erős negatív korreláció áll fent a teljes vizsgált időszak tekintetében az ózon mennyisége és a páratartalom között, $r = -0,71$ értékkel. Ez a kapcsolat minden egyes évre külön-külön is hasonló erősséggel jellemező (I. táblázat).

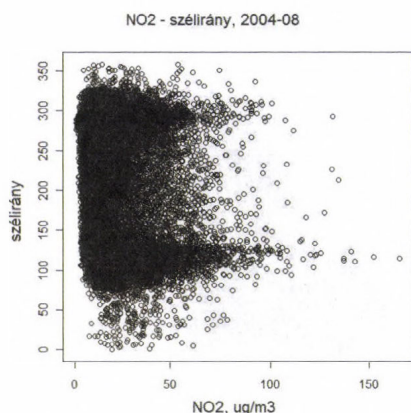
Az O_3 és NO_2 vonatkozásában összességében egy erősnek mondható ($r = -0,699$) negatív korreláció áll fent a vizsgált időszakban. A későbbiekben látni fogjuk, hogy valóban, míg az ózonkoncentráció nyáron, addig a nitrogén-dioxid értékek éppen a téli időszakban magasabbak. Az ózon és a szállópor komponensek között már egy jóval gyengébb negatív korrelációt tapasztalhatunk ($r = -0,318$).

Grafikusan megjelenítve a vizsgált paraméterek értékeit plot-diagramon, jól látható a két vizsgált változó közötti kapcsolat megléte, illetve iránya (2. ábra).

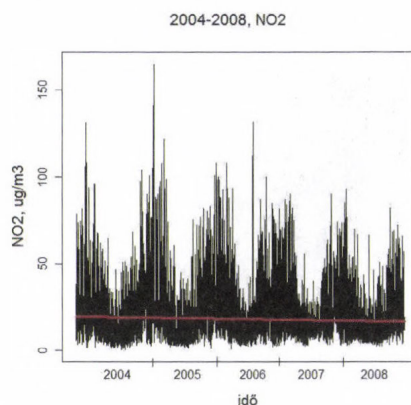
Az ózon és a páratartalom vonatkozásában a diagram alapján is teljesen egyértelműen látszik a negatív korreláció ($r = -0,708$). Pozitív korreláció az ózon vonatkozásában a napsugárzási, hőmérséklet és a szélsébség adattal áll fent, ami a napsugárzás vonatkozásában természetesnek is mondható, (II. táblázat) (3. ábra).

Mint már korábban említettük, az ózon és egyéb vizsgált paraméterek között jellemzően negatív lineáris kapcsolat fedhető fel, azonban érdemes megvizsgálni, hogy mely paraméterekkel áll pozitív kapcsolatban az O_3 szennyező anyag. Egy, a diagram alapján is látható közepes erősségű pozitív korreláció áll fent az ózon és az UVA sugárzás vonatkozásában ($r = 0,464$). (4 ábra)

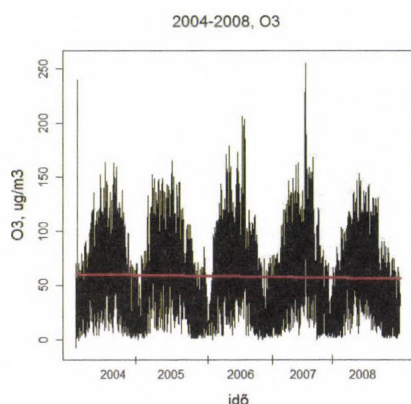
Közepes erősségű pozitív korreláltság tapasztalható az ózon és a hőmérséklet vonatkozásában is ($r = 0,561$). A fenti kapcsolatok magyarázata, hogy a sugárzás intenzitásának növekedésével emelkedik a hőmérséklet, minek következtében felgyorsul a kémiai reakciók sebessége, így magasabb lesz az ózon koncentráció a légkörben.



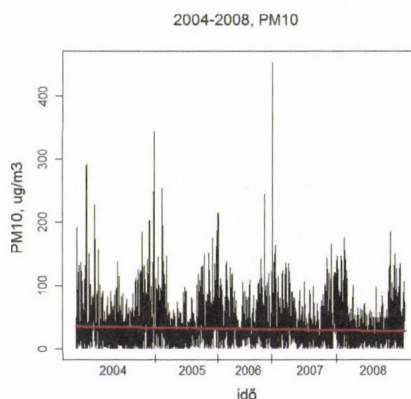
6. ábra: Nitrogén-dioxid-szélirány kapcsolat



7. ábra: Nitrogén-dioxid mennyiségi változása 2004-08



8. ábra: Ózon mennyiségi változása 2004-08



9. ábra: Szállópor mennyiségi változása 2004-08

Természetesnek mondható módon, különböző erősségű, de pozitív korreláció áll fent külön-külön a különböző NO komponensek, a napsugárzási komponensek, valamint a benzol, toluol, mpxylol, etilbromid, oxylol között.

Jellemző, hogy jórészt a közlekedés melléktermékeként adódó NO₂ értéke negatív korrelációban áll a szélesebséggel ($r = -0,355$) és a hőmérséklettel ($r = -0,384$). Ez arra utal, hogy az erősödő szél valamelyest eltávolítja az NO₂ szennyezést, illetve növekvő hőmérséklet esetén másodlagosan szintén csökken az NO₂ koncentráció mértéke (ugyanakkor a hőmérséklet és a szélesebség között nincs kimutatható korrelációs kapcsolat, $r = -0,030$ a két komponens közti korrelációs együttható értéke (5. ábra). Érdekes ugyanakkor, hogy az összes mért komponens vonatkozásában az NO₂ az egyetlen olyan szennyező anyag, melynek vonatkozásában értékelhető kapcsolat fedhető fel a szélirány és az adott komponens vonatkozásában (6. ábra).

A diagram alapján egyértelműen beazonosítható az a két szélirány, mely magasabb NO₂ koncentrációval jár: a 110° és a 300° környéke. Ebből arra lehet következtetni, hogy az adott irányokban valamilyen emisszió forrás, kibocsátó található, ami a magasabb értékekért felelős.

A levegőben szálló por (PM₁₀) vonatkozásában azt tapasztalhatjuk, hogy a legerősebb kapcsolatot az éppen előbb vizsgált NO₂-vel mutatja, $r = 0,620$ korrelációs együtthatóval. Pozitív korrelációban áll még az SO₂, CO és Benzol paraméterekkel, illetve gyenge negatív korrelációt mutat az ózon, hőmérséklet és szélesebség komponensekkel. Ugyanakkor a szálló por vonatkozásában nem tapasztalhatóak jellemző, erős korrelációs kapcsolatok a fent említetteken kívül (PM₁₀-NO₂, PM₁₀-O₃). Gyenge, negatív korrelációt tapasztalhatunk még a hőmérséklettel ($r = -0,262$) és a szélesebséggel ($r = -0,241$) kapcsolatban, ami már az NO₂ komponensre is jellemző volt (ne feledjük, hogy az NO₂ és PM₁₀ között erősnek mondható pozitív korreláltság áll fent).

1.2. Az egyes komponensek elemzése a 2004-08 időszakban.
A paraméterek közti korrelációs kapcsolatokat elemzése után kezdjük el a korábban már említett NO₂, O₃ és PM₁₀ szennyező anyagok vizsgálatát, illetve ezen elemek mennyiségi változásainak elemzését a vizsgált 5 évben. Természetesen mindegyik említett komponens vonatkozásában tapasztalható az éves ciklikusság, azonban érdemes megvizsgálni, hogy hogyan alakul egy-egy éven belül az adott komponens értéke: van-e különbség az egyes évek között, egy adott éven belül hogyan változik az adott paraméter mértéke stb.

Tekintsük az egyes paraméterek lefutását a fenti öt évben, illetve az adatokra regressziós egyenest illesztve azt, hogy az öt év vonatkozásában, hogyan változott az adott komponens értéke, egyáltalán van-e kimutatható lineáris trend.

1.2.a NO₂ komponens. (7. ábra). A grafikon alapján jól látható az éves ciklikusság, az hogy a mért NO₂ értékek az év elején és év végén magasabbak, az év közepén ehhez képest jóval alacsonyabb értékeket mutatnak. (Ennek magyarázatát lásd 1.2.b. részben.).

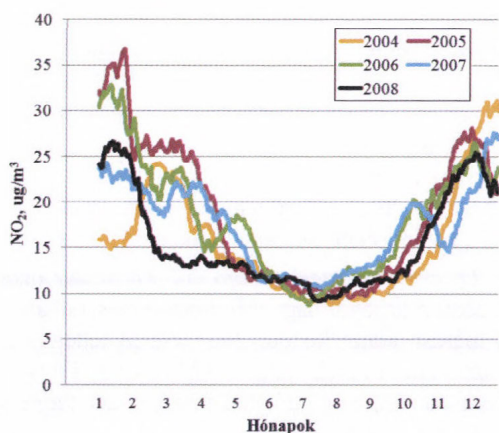
Ugyanakkor az összesített grafikon alapján az a feltevés adódik, hogy a kiugró, határértéket meghaladó NO₂ értékek száma csökkenő tendenciát mutat a fenti időszakban (lásd 2.1.b. részben). Az adatsorra illesztett regressziós egyenes egyenlete: $y = -0.00006771x + 19.58$, ami azt mutatja, hogy gyakorlatilag a vizsgált öt évben az NO₂ mennyisége éves vonatkozásban a fenti időszak tekintetében állandónak mondható, illetve egy elhanyagolható mértékű csökkenést mutatnak a regressziós együtthatók.

1.2.b. O₃ komponens. Az ózon, mint a fotokémiai reakciók köztes terméke, a nitrogén-vegyületek koncentrációival és a

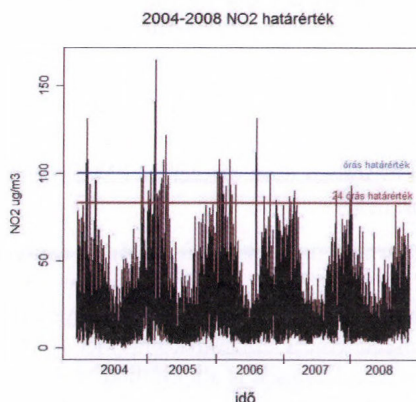
napsugárzás intenzitásával mutat szoros összefüggést, mivel keletkezésének egyik módja a nitrogén-dioxid fotokémiai bomlása. Ezért a légköri koncentrációja az energiaipar és a közlekedés emissziójával van kapcsolatban. A téli időszakban a fűtési energiafelhasználás erősödésével és a napsugárzás intenzitásának csökkenésével a nitrogén-vegyületek koncentrációja emelkedik, míg nyáron az ózonné. Ez magyarázza az NO₂ és O₃ éves karakterisztikáját, illetve a közöttük fennálló erős negatív korrelációt (1. és 8. ábra).

Az ózon mérési eredményi alapján szintén jól látható az éves periodicitás és az, hogy ellentétben az NO₂-vel, itt a nyári értékek a magasabbak, míg az év eleji és év végi értékek ennél jóval alacsonyabbak (a két változó között erős negatív korreláció áll fent). A mért ózon értékekre illesztett lineáris regresszió eredménye: $y = -0.0001026x + 60.17$, ami alapján az NO₂ esetén is tapasztalt következtetést vonhatunk le, azaz a fenti öt év vonatkozásában éves szinten az ózon mennyisége állandónak tekinthető, illetve egy rendkívül gyenge, elhanyagolható csökkenés tapasztalható.

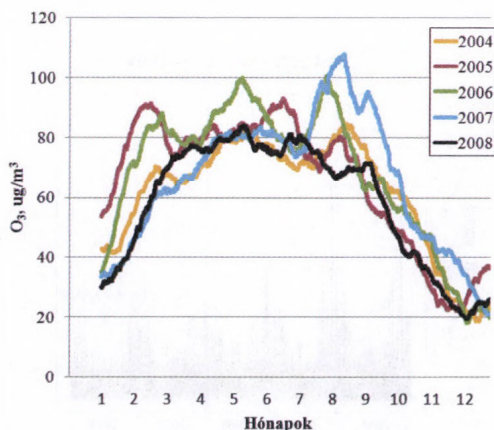
1.2.c. PM₁₀ komponens. A környezetvédelem kétféle porszennyezést ismer. A nagyobb méretű, többnyire a földfelszínről szél által felkapott, felaprózódott törmelék



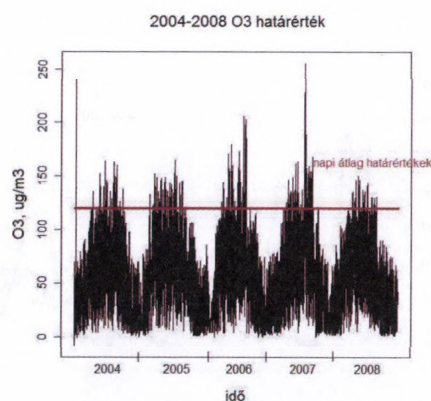
10. ábra: Nitrogén-dioxid koncentráció éves lefutásai



11. ábra: Nitrogén-dioxid koncentráció és az egészségügyi határértékek



12. ábra: Ózon koncentráció éves lefutásai



13. ábra: Ózon koncentráció és az egészségügyi határértékek

II. táblázat: Ózonnal pozitívan korreláló komponensek

pozitív korreláció O ₃ -mal					
	Szels.	Homers.	Globálisug.	UVA	UVB
O ₃	0,414	0,561	0,397	0,464	0,453

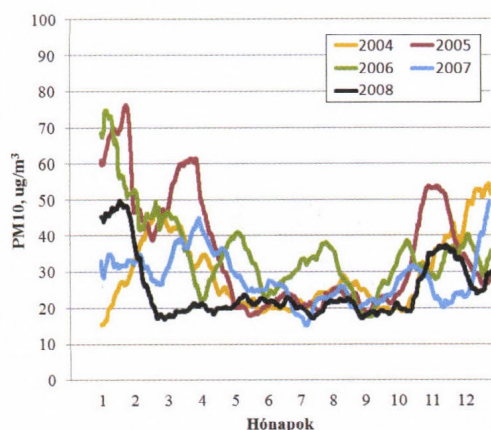
ket, és a kéményekből fölemelkedő pernyét, amelynek légköri tartózkodási ideje rövid, hiszen a gravitáció hatására viszonylag gyorsan szedimentálódik. Ennek az *üledő por*nak a terhelését a havonta m²-enként lehullott mennyiség alapján mérjük. A 10 µm-nél kisebb méretű *szálló por* a veszélyesebb. Ennek forrásai a tüzelőberendezések, a közlekedés és a levegőben lezajló kémiai folyamatok lehetnek. Az egészségre ártalmas anyagokat tartalmazhat, a pollen allergén hatását fokozhatja. Tekintsük az alábbi grafikonon a szálló por mennyiségi változását 2004-08 vonatkozásában (9. ábra)

A korábbi két adatsorhoz képest sokkal gyengébben vehető ki, azonban itt is érzékelhető az éves periodicitás, az az éves tendencia, hogy év elején és év végén általában magasabbak a mért PM₁₀ értékek, mint az év középső részén. A kiugróan magas értékek jellemzően a téli, szélhiányos időszakban adódnak, amikor összegyűlnek a szennyező anyagok éppen a szél tisztító hatásának hiánya miatt.

A szállópor esetén az alábbi regressziós függvény adódik: $y = -0,000174x + 35,25$, ami szintén azt mutatja, hogy 2004-08 vonatkozásában éves szinten a PM₁₀ mennyisége állandónak tekinthető.

2. A vizsgált komponensek éves lefutásainak összevetése, egészségügyi határértékek. A teljes adatsor vizsgálata mellett érdemes azt is elemezni, hogy az egyes években külön-külön milyen volt a vizsgált komponensek lefutása. Ahhoz, hogy ez szemléletesen is áttekinthetőbb legyen, és a kiugró adatok ne befolyásolják az összehasonlíthatóságot, mozgóátlagolással simított adatsorokat vetünk össze egymással, és ezeket ábrázoljuk közös koordináta-rendszerben.

2.1.a. NO₂ értékek éves karakterisztikája. (10. ábra). Jól



14. ábra: Szállópor koncentráció éves lefutásai

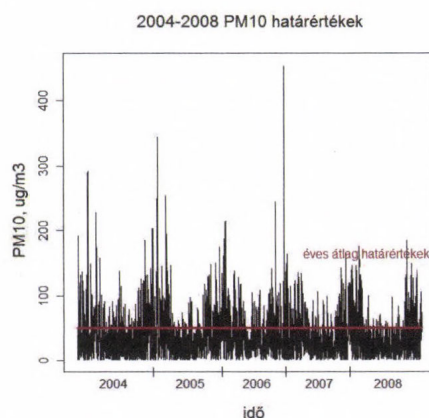
láthatóan az egyes évek lefutásának karakterisztikái jól fedik egymást, jellemzően egy y tengely mentén zsugorított parabolikus típusú görbét leírva. Azaz az évek elején, végén tapasztalható magasabb NO₂ koncentráció, jellemzően 35 µg/m³ feletti átlagos értékkel. Míg az év középső időszakában érzékelhetően kisebb, jellemzően 25 µg/m³ körüli átlaggal. Ugyanakkor azt is láthatjuk, tekintve az eredeti és a fenti simított adatsorokat, hogy míg az év középső szakaszában mért értékek esetén az egyes évek szinte teljesen fedik egymást, elhanyagolhatóak az eltérések, addig az év eleji és év végi adatok esetén már jelentősebb eltérések is tapasztalhatóak az egyes évek adatsorai között. Jellemzően 2005-06 esetén érzékelhetőek szignifikánsan magasabb értékek, mely érdekes módon összecseng ugyanezen évek ezen időszakában tapasztalható magasabb O₃ értékeivel, holott köztük negatív korreláció áll fent; feltehetően ezeken a teleken nagyobb volt az antropogén kibocsátás.

2.1.b. NO₂ határértékek. Az NO₂ szempontjából az egészségügyi határérték napi átlag szinten 85 µg/m³, illetve órás szinten 100 µg/m³, így fontos lehet annak vizsgálata, hogy a vizsgált teljes időszakban hányszor, mikor lépte át a komponens mértéke ezt a határt. Evvel kapcsolatban számszerűsítve az alábbi mennyiségek adódnak a vizsgált időszak vonatkozásában (III. táblázat)

A táblázat alapján az látható, hogy a vizsgált 5 év vonatkozásában összességében a szennyezőanyag határt meghaladó értékei és ezek átlaga is csökkenő tendenciát mutat. Az órási határérték átlépések száma 2007-08-ban 0 a korábbi évekkel szemben. Azt azonban nem mondhatjuk el, hogy elérte a kívánatos szintet. Illetve jellemzően az év elején és végén voltak a határértéket meghaladó mérések (11. ábra).

2.2.a. O₃ éves karakterisztikája (12. ábra). Az ózon vonatkozásában már jóval nagyobb szórás tapasztalható az egyes évek mérési adatai között: 2005 elején jellemzően magasabb értékeket mértek, mint a többi évben, illetve 2006-07 esetén nyár végén voltak tapasztalhatóak magasabb mért értékek, mint a többi 3 évben.

2.2.b. O₃ határértékek. A troposzférikus ózon kifejezetten veszélyes légszennyező anyag, ezért koncentrációjára fokozott figyelmet kell szentelni. A 120 µg/m³ napi átlag határér-



15. ábra: Szállópor koncentráció és az egészségügyi határértékek

III. táblázat: Nitrogén-dioxid koncentráció határérték feletti mérése

NO ₂ határérték feletti értékek 2004-08					
	2004	2005	2006	2007	2008
napi átlag határérték feletti mérések (nap)	0	1	0	0	0
24 órás határérték feletti mérések átlaga (µg/m ³)	95,93	102,27	93,32	86,87	89,25
órás határérték feletti mérések száma (db)	9	26	13	10	11

IV. táblázat: Ózon koncentráció határérték feletti mérése

O ₃ határérték feletti értékei 2004-08					
	2004	2005	2006	2007	2008
napi átlag határérték feletti napok száma (nap)	11	29	47	33	6
napi átlag határérték feletti mérések átlaga (µg/m ³)	132,88	131,07	141,22	142,83	128,77

tékét a nap folyamán tapasztalt legmagasabb 8 órás mozgóátlag alapján határozták meg. Összevetettük a mért koncentráció értékeket az azonos idejű szélirányokkal, de nem mutattak szoros összefüggést. Mind a város felől fújó déli-délkeleti, mind a külső területek felől érkező északnyugati szél eredményezett magas koncentrációkat. Tekintettel arra, hogy az ózon légköri tartózkodási ideje 5-10 nap, származhat az ÉNy-i széllel érkező terhelés ausztriai forrásokból is. (13. ábra és IV. táblázat). A táblázat adatai alapján azt láthatjuk, hogy 2004-2007 között a határértéket meghaladó ózonkoncentráció értékek darabszáma és átlagos értéke is növekszik, míg 2008-ban egy komolyabb csökkenés tapasztalható a korábbi 4 évhez képest. Azonban ezek az értékek még így is magasak. A határértéket meghaladó ózonkoncentráció adatok jellemzően az év közepén, a nyári időszakban tapasztalhatóak, adódóan az éves ózonkoncentráció karakterisztikájából.

2.3.a. PM₁₀ éves karakterisztikája (14. ábra). A görbék alap-karakterisztikái alapvetően megegyeznek, azonban 2005-06 esetén év elején jellemzően magasabb értékek adódtak, mint a többi évben, és az év további szakaszaiban is több kiugrás tapasztalható. Ezek a magasabb értékek, illetve a görbék lefutása összhangban áll ugyanezen időszakban tapasztalt magasabb NO₂ értékekkel, amit korábban már említettünk (a két változó között erősnek mondható pozitív korreláció áll fent).

2.3.b. PM₁₀ határértékek. A finom részecskék magas légköri koncentrációja sürgető feladatokat tűz a város vezetése elé. Az éves átlagra vonatkozó 40 µg/m³ határértéket nem érték el az adatok, de a 14 µg/m³ felső vizsgálati küszöbértéket minden évben meghaladták. A 24 órás átlagos 50 µg/m³-es szintet (15. ábra) az évente megengedett 35-nél többször is túllépték (V. táblázat). A fenti adatok alapján azt mondhatjuk, hogy a porszennyezettség mértéke a vizsgált 5 évben folyamatosan elég magas, különösen az év eleji és év végi időszak tekintetében.

A közelmúltban az EU tagállamok közül elsőnek hazánkban bevezetett tájékoztatási és riasztási kötelezettség külön figyelmet érdemel. Eszerint az önkormányzatok akkor kötelesek tájékoztatni a lakosságot, ha a szálló por értéke két egymást követő napon meghaladja a 75 µg/m³-t, riasztási kötelezettség pedig akkor áll fenn, ha a szálló por értéke két egymást követő napon meghaladja a 100 µg/m³-t és a meteorológiai előrejelzések szerint a következő napon javulás nem várható. A PM₁₀ korábbi méréseinek tapasztalataiból tudhatjuk, hogy a közlekedésből eredő koncentráció átlagosan 20 µg/m³ körül változik (ez is a felső vizsgálati küszöb fölött van!). Az őszi és téli időszakban ehhez adódik az avarégetésből és a lakossági fűtésből eredő többlet. Az utóbbi általában a hőmérséklettől függő intenzitású. Az elszabadult gázarak következtében az egyre szűkösebb anyagi körülmények között élő lakosság szívesen fűt háztartási hulladékkal is. Ez ugyan a levegőkörnyezetet erősen terheli, de tüneti kezeléssel nehezen kerülhető el. Az Észak-dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőség 2004-ben intézkedési programot készített a város légszennyezettségi állapotából adódóan, mert a „légszennyezettséggel érintett” városok közé tartozik. A 2002. évi KVVM értékelés szerint Sopron légszennyezettségi zónabesorolása az egyes légszennyező anyagok tekintetében a következő: Kén-dioxid: F, Nitrogén-dioxid: C, szén-monoxid: E, PM₁₀: D, benzol: E. Ez azt jelenti, hogy van

V. táblázat: Szállópor koncentráció határérték feletti mérése

PM ₁₀ határérték feletti értékei 2004-08					
	2004	2005	2006	2007	2008
napi átlag határérték feletti napok száma (nap)	56	69	76	43	32
napi átlag határérték feletti mérések átlaga (µg/m ³)	73,64	82,2	74,26	71,07	73,64

olyan légszennyező anyag, amelyre vonatkozóan a határérték túllépés megvalósul. Egy később készült tanulmány a város levegőjét ózon tekintetében jónak, PM₁₀ tekintetében csupán megfelelőnek ítéli.

3. Konklúzió. A fenti elemzések alapján összességében elmondható, hogy Sopron légszennyezettségi adatai, (különösen a por, nitrogén-vegyületek és ózon terhelése a városnak) korántsem olyan kedvezőek, mint az fekvéséből, turisztikai jelentőségéből adódóan várható lenne. Illetve nem látszódnak olyan tendenciák, melyek egyértelműen a javulás irányába mutattának. Így érdemes elgondolkodni azon, hogy milyen lépéseket lehet, érdemes tenni a helyzet javítása érdekében.

Irodalom

- Dalgard, P., 2008: Introductory Statistics with R. Springer.
 Rodgers, J. L., and Nicewander, A. W., 1988: Thirteen Ways to look at the Correlation Coefficient. The American Statistician Vol. 42., No. 1, 59-66.
 Spiegel, M. R., 1995: Statisztika, Elmélet és gyakorlat. Panem-McGraw-Hill, Budapest.
 Székely, G. J., Rizzo, M. L. and Bakirov, N. K., 2007: Measuring and testing dependence by correlation of distances. Ann. Statist. Volume 35, Number 6., 2769-2794.

A 2011 ÉVI BALATONI ÉS VELENCEI-TAVI VIHARJELZÉSI SZEZONRÓL

ABOUT THE STORM WARNING SEASON AT THE LAKE BALATON AND VELENCEI IN 2011

Zsikla Ágota

OMSZ, Viharelőrejelző Observatórium Siófok, 8600 Siófok, Vitorlás u. 17., zsikla.a@met.hu

Összefoglaló: Az Országos Meteorológiai Szolgálat minden évben viharjelző szolgálatot lát el a Balatonon és a Velencei-tavon a vízen tartózkodók biztonsága érdekében. A viharjelzési szezon 2005 óta két hónappal hosszabb ideig: április 1-je és október 30-a között tart. Az alábbi cikkben a 2011-es viharjelzési szezon időjárási eseményeit és kiadott viharjelzéseit tekintjük át.

Abstract: At the Lake Balaton and Velencei there is a storm warning service operated by the Hungarian Meteorological Service. The storm warning service is responsible for the safety of people at both lakes: If strong or stormy wind expected, storm warnings are issued on first or second level. The duration of the storm warning season is seven month : from 1st april until 30th oktober. This paper is about the eventful weather of season in 2011 and about the length of warning periods.

Bevezetés. 2011. október 31-én a Balatonnál és a Velencei-tónál befejeződött a 77. viharjelzési szezon. Ez évben már másodjára nem csak itt, hanem teszt üzemben június 1. és augusztus 31. között a Tisza-tavon is működött fényjelzéseken alapuló viharjelző rendszer, melyet az OMSZ Észak-magyarországi és az Észak-alföldi Regionális Központjának munkatársai láttak el. A viharjelző rendszer kiépítője és fenntartója itt is a BM OKF megbízása alapján a Rádiós Segélyhívó és Infokommunikációs Országos Egyesület (RSOE).

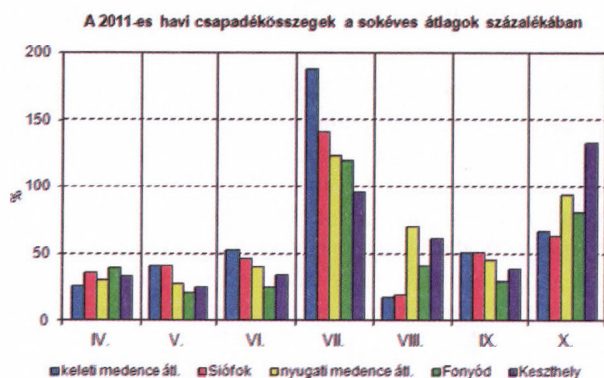
A balatoni viharjelzési idény az extrém csapadékos és erős viharokban gazdag 2010. évi szezonnál szerencsére kevésbé volt eseménydús, a 7 hónap átlagos szélessége jobban közelített az átlagoshoz, ugyanakkor az erős viharok száma most is viszonylag magas, 13 lett az időszakban.

A 2011. évi viharjelzési szezon időjárásának főbb jellemzői. Az áprilistól októberig tartó időszak, mint 2000 óta többször, ismét a sokévi átlagnál (1961-1990) melegebb és szárazabb lett. A szárazság mértéke azonban az országos átlaghoz hasonlóan, különösen éves vonatkozásban itt is rendkívüli volt.

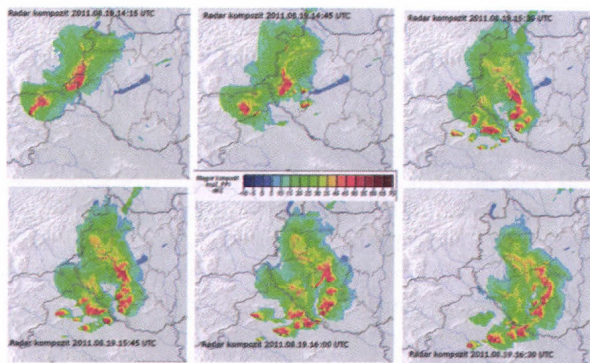
A nyugati, illetve a keleti medence öt-hat kilométeres körzetében mérő állomásokon összességében a hét havi átlagos csapadékösszeg még az ilyenkor elvárhatónak a 60-65 %-a lett. Az 1. ábrán feltüntetve láthatjuk, hogy egyedül a július volt az, amikor a havi csapadékösszeg jellemzően Balaton-szerte elérte, vagy meghaladta a sokévi átlagot, könnyítve ezzel a mezőgazdaság helyzetét a térségben. Az év más időszakában azonban, így január, február, illetve november hónapokban a havi csapadékösszegek a 10 mm-t sem érték el. Sőt, novemberben volt olyan település, ahol mérhető mennyiségű csapadék nem is hullott. Így az éves csapadékösszeg a Balatonnál többfelé az előző évinek a harmadához közelített (pl. Siófok (286,8 mm), Balatonboglár, Badacsonytomaj).

Az idei szezon az **átlagosnál melegebb** lett (Siófokon +11,1 %-kal, Keszthelyen +5,4%-kal). A június és augusztus középhőmérséklete másfél - két fokkal, a szeptemberé pedig közel három és fél fokkal haladta meg a sokéves átlagot. A nyári hónapok közül a csapadékos júliusban volt a havi középhőmérséklet az átlag közelében. Ebben a hónapban huszadikától romlott el tartósan az idő (a 12 nap átlagos maximumhőmérséklete 22 fok körül alakult), ugyanakkor még július második hetében minden nap 30 fok feletti maximumok voltak mérhetők. A szezon legmelegebb napja a nyugati medencében a mérések szerint július 9. volt, amikor Keszthelyen az automata 36,8 fokot regisztrált. A keleti medencében Siófokon pedig a tizennegedikén mért 36,6 fok volt a csúcserték. Augusztusban a huszadikát követő hét volt a legmelegebb. Ekkor egy kivétellel minden nap 30 fokot meghaladó hőmérsékletek voltak mérhetők. Huszonhatodikán pedig ismét 35, illetve 36 fok felett volt a maximumhőmérséklet. A szeptemberi nyárnak is sokan örülhettek a Balatonnál, hiszen a nyári napok száma még ekkor is 16, 17 volt és csak egy napon fordult elő 20 foknál alacsonyabb napi maximum. A tó vizének hőmérséklete a hónap utolsó napjaiban is 20 fok közelében volt. A csapadékhány és az átlagosnál melegebb idő a Balaton vízszint változásában is megmutatkozik: április elsejétől október végéig a tó vízszintje 45 cm-rel csökkent. Hogy a szezon átlaghőmérséklete nem került több tizeddel 18 fok fölé (Siófok, Fonyód 18,2 °C, Keszthely 17,6 °C volt, míg az éghajlati normál érték 16,4, illetve 16,0 fok), az annak is köszönhető, hogy október hatodika után jelentős lehűlés következett be, és általában már 15 fok alatti hőmérsékletek voltak mérhetők. Sőt egy olyan nap is előfordult, amikor a 10 fokot sem érte el a napi maximumhőmérséklet.

A 2011-es szezon az átlagos **szélességet** tekintve kevésbé volt szeles az előző évnél, de így is a sokéves átlagot valamelyest meghaladó értékek születtek (Siófok +7%, Fonyód +4%, Keszthely 0%). Ugyanakkor a 15 m/s



1. ábra: Havi csapadékösszegek alakulása a sokéves átlag százalékában (1961-1990) a Balatonnál 2011-ben.



2. ábra: 2011.08.19. 14:15-16:30 UTC Kompozit radarképek: Mezőléptékű konvektív rendszer fejlődése a Dunántúlon

feletti viharos napok száma az előző évhez képest növekedett mindkét medencében (nyugati medence +9, keleti medence +5 nappal). A legszelesebb hónapok a június, július és az április lettek, általában 10%-ot meghaladó átlagszelesseggel (júniusban ~20 %-kal), még a legkevesbé szeles hónap az augusztus lett -5 - -10%-os csökkenéssel.

Erős vihart, azaz 90 km/h sebességet is elérő, vagy meghaladó szelet 13 napon (2010-ben 19) regisztrált a Balaton partján üzemelő 10 automata mérőműszer valamelyike. A legnagyobb számban - ezek közül 4 alkalommal április-

ban, illetve 3 alkalommal augusztusban fordultak elő erős viharok a Balatonnál. A teljesség kedvéért hozzá kell tenni, hogy az áprilisi 4. viharos napon egyedül a füredi automata jelzett 25 m/s-t 0,2 m/s-mal meghaladó szelet. Mivel a szélműszer 30 m-nél is magasabban van, így talán korrektebb, ha 12 erős viharról beszélünk a szezon kapcsán. A viharok kitörésének időpontja 10 esetben a nap második felére esett, a konvektív szempontból legaktívabb időszakra, 15 és 23 óra közé. Ugyanakkor ezek közül csak három esetben volt a nagy szélsébség okozója zivatar, mely elvonultával a szél jelentősen legyengült akár hidegfronttal, akár instabilitási vonallal érkezett. Ezen három időpont június 23., augusztus 19. és szeptember 19. A mért szélsébségek 105 (Balatonfüred), 117 (Fonyód) és 97 (Balatonaliga) km/h. Az esetek legnagyobb részében – összesen öt alkalommal – hidegfront-betöréskor mérték nagy szélsébségeket (IV.04., IV.12., V.03., VIII.15., VIII.27.), csapadék nélkül vagy a frontvonal mentén záporos csapadékkal. Három alkalommal posztfrontális, illetve anticiklon perem helyzetben (VI.30.-VII.01., IX.05.) haladta meg a szél a 90 km/h-t, ezek közül 30-án a 100 km/h-t.

Néhány eset a legnagyobb viharok közül. A Balatonnál mért legnagyobb szélsébség a **2011. augusztus 19-i** zivatarrendszer átvonulásához köthető. A nap első felében az országban napos, száraz idő volt, mérsékelt, többnyire délies széllel. Az időjárási folyamatok meghatározója a nap folyamán egyre inkább a 00 UTC-kor még a Benelux államok, Dánia térsége feletti centrumú ciklon lett. A ciklon hidegfrontja a nap elején még Franciaország északnyugati részén húzódott. A front előoldalán többszáz kilométer szélességben a 925-700 hPa-os magassági szinteken erős (12-15 m/s), az 500 hPa-os szint magasságában viharos (20 m/s) délnyugati irányból fújó szél volt a jellemző. Már 00 UTC-kor Franciaország, Németország, Svájc, Olaszország területén a labilis légrétegződést 0 – -2,8 SSI és 35 – 37-es K index értékek jelezték. A hajnali órákban Nyugat-Ausztriában is volt zivatar.

A délután Magyarországra érkező zivatarrendszer kezdeménye Ausztriában az Innsbruck és Salzburg közötti térségben indult fejlődésnek a délelőtti órákban. A kiala-

A Balatonra kiadott viharjelzések száma 2011-ben a Nyugati (NY) és a Keleti (K) medencében

	IV.		V		VI.		VII		VIII		IX.		X.		Az egész szezonnra	
	NY	K	NY	K	NY	K	NY	K	NY	K	NY	K	NY	K	NY	K
I. fok	15	15	17	14	22	22	21	23	15	15	15	9	15	13	90+30	83+28
II. fok	15	14	18	16	31	27	22	21	8	7	8	10	8	8	87+23	81+22

A viharjelzések fenntartási ideje (óra) a Nyugati (NY) és a Keleti (K) medencében

I. fok	141	140	187	178	280	273	248	240	147	126	103	77,1	185	190	964+326	893+330
II. fok	191	168	145	136	202	194	201	182	75,4	69,1	94,9	89,9	69,8	70,8	718+261	671+239

A viharjelzések fenntartási ideje az összidő %-ában a Nyugati (NY) és a Keleti (K) medencében

I. fok	19,5	19,4	25,1	23,9	38,8	37,9	33,3	32,3	19,8	16,9	14,3	10,7	24,9	25,6	25,1	23,8
II. fok	26,6	23,3	19,5	18,3	28,0	27,0	27,0	24,4	10,1	9,3	13,2	12,5	9,4	9,5	19,1	17,8

1. táblázat: A 2011. évi viharjelzések összesítése

kulást segítő feltételek között kell említeni a labilitás és a talajszinti konvergencia mellett azt is, hogy az alacsonyabb légköri szinteken meglevő melegnyelv fölé a 700 hPa-os magassági szinten Németország felől egy keskeny hidegteknő nyúlt le, amelyben végig nagy volt a nedvességtartalom, és amely végig jelezte a kialakuló zivatarrendszer útját. A kialakult zivatartömb, majd vonal a magyar határ felé haladt feltartóztathatatlanul. A rendelkezésre álló előrejelző modellek többsége az érkező zivatarrendszert a határunkhoz érve legyengítette és kiszárította.

A reggeli órákban a modellekből még egyértelműen nem látszott biztosítva a Balaton térségében a zivatarokhoz elegendő nedvesség. A délutáni órákban határunkat átlépve a zivatarrendszer északi része le is gyengült, és ott magyar területen megszűntek a zivatarok. Viszont délebbre, Szentgotthárd térségében, Szombathely magasságáig húzódva 14 UTC körüli időre egy nagyon erős tömb fejlődött ki –60 foknál hidegebb felhőtetővel. Az intenzív csapadékhullás idején Szentgotthárdnál 16 fokra csökkent a hőmérséklet (80 km/h-s szélmaximum mellett), miközben ekkor még Sármelléken 31 fok volt. A nagy kiterjedésű csapadéktömb térségében környezetéhez képest 4 hPa-lal is megnőtt a légnyomás, és félő volt, hogy a kifutószél frontja majd eléri a Balatont, így kikerült a nyugati medencére a másodfokú viharjelzés.

14:30 UTC után, miközben a zivatartömb Zalaegerszeg felé közeledett, a Balaton közvetlen közelében Zalaapáti és Zalakaros térségében két zivatarcella indult hirtelen fejlődésnek, melyhez már a közeledő zivatartömb kifutószéle által keltett konvergencia is hozzájárulhatott (2. ábra). Haladásuk még a következő fél órában délkelet felé irányult, így az északabbi cella Sármelléket elérve 15 UTC után 97 km/h szelet, átmenetileg jégesőt és 24,8 mm csapadékot produkált. 17:15-től kezdődően azonban ez a cella haladási irányt változtatott, és határozottan kelet felé kezdett mozogni és továbbfejlődni, míg a Balatontól délre eső részekén is fejlődésnek indultak az első cella kifutószél frontja keltette zivatarok és együttesen bow echo (meghajlított íjhoz hasonlító) alakzatot vettek fel.

A radarképek és a szélmérések szerint is a radar echo északi része bizonyult a legerősebbnek, a comma (vessző) alakzat is kezdett kialakulni az északi részen, ami szupercellára utal. A rendszer legfejlettebb stádiumában a 15:30 - 15:45 UTC körüli időben a legerősebb mért szélhőkésések a Szigliget előtti vízterületen 102 km/h, Fonyódnál 117 km/h voltak nyugati, délnyugati irányból. Meg kell említeni, hogy a szélmaximum idejére a szélirány már északnyugatiból fordult át, és elmúltával ismét északnyugatra fordult vissza. 16 UTC után a zivatarrendszer gyengülni kezdett, és a keleti medence felé tartva Balatonöszödnél 87 km/h, Siófoknál 81 km/h sebességű szélmaximumot okozott. 17 UTC-től a Balaton térségében megszűntek a zivatarok.

Annak ellenére, hogy az időben kiadott viharjelzést követően a Balatoni Vízügyi Rendőrkapitányság figyelmeztette a vízen tartózkodókat, így is szükség volt

később több mentésre, halálos baleset azonban nem történt.

Az öt erős vihart okozó hidegfront-betörés közül 2011-ben az augusztus 27-i volt a legnagyobb. Az Északi-tenger feletti centrumú ciklon hidegfrontja a délutáni órákban már Ausztria fölött volt, és az ország keleti és nyugati része között 15 fok hőmérsékletkülönbséget és több mint 10 hPa légnyomáskülönbséget hozott létre. A front a kora esti órákban ért Magyarországra. A Dunántúlra érve a front mentén a nagy légnyomáskülönbség kb. 5 hPa-ra csökkent, és ugyanakkor néhány óra alatt 10-15 fokkal csökkent a hőmérséklet. A legerősebb szélhőkésések a Balaton térségében alakultak ki. Balatonmárfürdőnél 106, Fürednél 102, Balatonöszödnél 95 km/h-t mértek az automaták.

A viharjelzések értékelése. A szezon egyik legemlékezetesebb időjárási eseménye a **Kékszalag Vitorlásverseny** volt, annak ellenére, hogy az aznapi legerősebb szélhőkésések nem tartoztak a szélsőségesen nagy viharok kategóriájába. Július 14-én az esti órákban viharossá váló szél Balatonmária, Fonyód és Szigliget térségében okozta a legerősebb, néhol 80 km/h-t is elérő szelet, azonban a sötétben egész éjjel fújó viharos szél komoly károkat okozott a vitorlásokban, és az éjszaka folyamán több száz bajbajutott embert kellett kimenteni. Az Obszervatóriumból jövő figyelmeztető előrejelzéseknek és riasztásoknak köszönhetően a mentőegységeket még időben a veszélyeztetett területre vezényelték, és a gyors beavatkozásoknak köszönhetően emberéletben nem esett kár.

Az időjárás és a tó vizén tartózkodók 2011-ben is adtak feladatot a Balatoni Vízügyi Rendőrkapitányság munkatársai számára. A Vízügyi Rendészet munkatársai 152 alkalommal 400 fürdőző vagy hajózó személyt mentettek ki a vízből. 2011. április 1-től október 30-ig 10 (2010-ben összesen 5) fő fulladt a Balatonba. Egyetlen olyan halálos kimenetelű vízi baleset sem történt, amely elmaradt vagy későn kiadott viharjelzés következménye lett volna.

A Katasztrófavédelem fényjelző állomásai a Balaton nyugati medencéjében 2269, a keleti medencében 2133, a Velencei-tónál 1660 órán át üzemeltek kisebb-nagyobb megszakításokkal (1. táblázat). Az értékek a tavalyi fenntartásoknál mintegy 100 (keleti medence 94, nyugati medence 120) órával lettek kevesebbek.

A kiadott viharjelzések beválása a tavalyihoz hasonlóan alakult. A Balatonnál 87,3 %, a Velencei-tónál 86,5 % lett, ami az előbbinél 1%-os javulást, az utóbbinál 3%-os romlást jelent. A Balatonra kiadott másodfokú viharjelzések fenntartási ideje a teljes időszaknak a keleti medencében a 17,8, a nyugati medencében a 19,1, még a Velencei-tónál a 10,7 százalékára terjedt ki.

A LEVEGŐ A KORAI GÖRÖG GONDOLKODÁSBAN

THE AIR IN EARLY GREEK PHILOSOPHY

Mészáros Ernő

Pannon Egyetem Föld- és Környezettudományi Tanszék, 8201 Veszprém, Pf. 158., amolnar@almos.uni-pannon.hu

Összefoglalás: A tanulmány röviden összefoglalja a levegő szerepét a korai görög gondolkodásban. Az első filozófus, aki a levegőt őselemnek tekintette, a Kr. e. a hatodik században élt milétoszi Anaximenész volt. Majd az ötödik században Empedoklész kísérletileg igazolta a levegő anyagi voltát, és a levegőt a négy őselem (tűz, levegő, víz, föld) egyikének tekintette. Ezt a nézetet Platón is elfogadta, aki az anyagokat, így a levegőt is, geometriai formákkal azonosította. A negyedik században Arisztotelész elképzelte a négy őselem átalakulásának módjait, valamint kidolgozta a mozgásokra vonatkozó elméletét, amelyet a levegő hatásai jelentősen befolyásoltak. A cikk utolsó bekezdéséből megtudhatjuk, hogy az ókorban az időjárás előrejelzése „időjárás-előjelek” alapján történt.

Abstract: The aim of this paper is to summarize shortly the role of the air in the early Greek philosophy. The first thinker in the sixth century BC who considered the air as primary substance was Anaximenes. In the fifth century Empedocles gained experimental evidence that air has material properties, and regarded air as one of the four primary substances: fire, air, water and earth. This view was accepted by Plato, who identified materials, including air, with geometrical forms. In the fourth century Aristotle imagined the ways of transformation of the four primary substances. He also elaborated his theory about motions, which was influenced considerably by the effects of the air. In the antiquity the weather was predicted on the basis of “weather signs” which are briefly outlined at the end of the paper.

Bevezetés. A magára eszmélt ember, a *Homo sapiens*, a körülötte lévő világot kezdetől fogva igyekezett megismerni. Kézenfekvő, hogy először a csillagos eget és az időjárás változásait figyelte meg. Így azt mondhatjuk, hogy a csillagászatkal együtt, a meteorológia, pontosabban a légkör változásainak nyomon követése a legelső „tudományok” közé tartozott. Kezdetben az ember az égi és földi jelenségeket, egyéb híján, földöntúli lények, az istenek akarásával és szélességeivel magyarázta. A görögök voltak azok, akik a tudományos gondolkodást valóban útjára indították, amikor megpróbálták a folyamatokat égi hatalmak nélkül, az emberi ész számára elfogadhatóan értelmezni.

Az ókori görög tudomány a csillagászat terén hatalmas eredményeket ért el. A görög filozófusok rájöttek arra, hogy a Föld gömb alakú, és elképzelésük szerint, körülötte forognak az égi szférák, a Nap, a Hold, a bolygók és a csillagok. Azt is megsejtették (Heraklidesz, Kr. e. harmadik század²), hogy mindez úgy is magyarázható, ha maga a Föld végez tengely körüli mozgást, sőt olyan gondolkodó is akadt (Arisztarkhosz, harmadik század), aki úgy gondolta, Kopernikusz előtt közel kétezer évvel, hogy a Föld forog a Nap körül és nem megfordítva. A fejlődést jelentősen elősegítette, hogy a csillagászatban alkalmazni lehetett a matematika (geometria) eredményeit. Másrészt a valósághoz legjobban közelítő naptár megszerkesztése csillagászati ismereteket tett szükségessé.

Ugyanakkor a légkörrel, az időjárással kapcsolatos tudás nem gyarapodott hasonló mértékben. Ennek alapvető oka nyilvánvaló. A tudás akkori szintjén nem lehetett a matematikát a meteorológiai mozgások és jelenségek leírására al-

kalmazni. Köztudott, hogy erre csak a 19. század második, és a 20. század első felében került sor. A légkörrel³ kapcsolatban továbbá nem lehetett kísérleteket végezni, amely a tudomány alapvető mozgatója. Különben is a görög tudósokat nem a kísérletezés tette híressé, ez csak a felvilágosodás után vált igazán elterjedté. Persze a kísérletek a csillagászatban is kizártak voltak. A kigondolt elméleteket azonban, a mozgások szabályossága miatt, a gyakorlatban ellenőrizni lehetett.

Mindez nem jelenti azt, hogy a levegő ne szerepelt volna a korai, a harmadik század vége előtti görög gondolkodásban. Hiszen magát a meteorológia szavunkat is az egyik legnagyobb görög gondolkodónak, a negyedik században élt Arisztotelésznek köszönhetjük. Sőt az ókorban, teljesen téves utakon, az időjárás előrejelzésével is megpróbálkoztak. Az elmondottakat figyelembe véve talán nem lesz érdektelen, ha röviden áttekintjük, hogy a levegő hogyan jelent meg az antik görög filozófiában és tudományban. Ezzel mintegy fölvezetjük a meteorológia előestéjét, amelyet hosszú éjszaka követett. Csak mintegy kétezer év múlva, a felvilágosodás korában köszöntött be tudományágunk hajnala (Mészáros, 2006a).

Milétoszi iskola: miből áll a világ. A mai értelemben vett tudomány az ókori görögökkel kezdődött. Az okok nem teljesen világosak. Valószínűnek látszik, hogy a tudomány kialakulásában a gondolat szabadsága, a kritika és a vita lehetősége nagy szerepet játszott. Nem is beszélve a görög

² A továbbiakban az évszámok mindig Krisztus előtti időszakra vonatkoznak.

³ A légkör szó az ókori görögben nem létezett. A kifejezés a felvilágosodás terméke. Igaz, hogy görög szavak felhasználásával, az *atmosfera* (gőz) és a *sphera* (gömb) szavakból képezték. Ennek magyar változata, német példára (*Luftkreise*), a „légkör”, amelyet elődeink a 19. század elején használtak először (Benkő és mások, 1970).

ember kíváncsiságáról, az ismeretek utáni vágyáról. Ennek ellenére az ógörög nyelvben nem volt szó a tudományra, a görögök a „természetet illető kérdésekről”, ma úgy mondanánk kutatásról, illetve filozófiáról beszéltek (Lloyd, 2012).

Ismereteink szerint a tudomány a kisázsiai Milétoszban kezdődött a Kr.e. 6. században. Itt éltek azok az első filozófusok, akik a természetben végbemenő folyamatokat megpróbálták az emberi ész számára érthetően megmagyarázni. Alapvető céljuk a dolgok „anyagi okának” az értelmezése volt, másképpen szólva: miből áll a világ. Keresték azt az őselemet, amelyből minden más anyag keletkezett. Az első nagy milétoszi gondolkodó, és, ha lehet ilyet mondani, az első tudós, Thalész (kb. 624-546) volt. Úgy gondolta, hogy az őselem a víz, ami egyébként az egész Földet tartja. Azt, hogy a Föld vízen úszik, már előtte is mondták. A „forradalmi” nézete az volt, hogy a földi jelenségek, így pl. a földrengések függetlenek az istenektől. A földrengéseket

A levegő először a harmadik milétoszi gondolkodó, Anaximenész (kb. 585-526) filozófiájában kapott központi szerepet, aki kimondta, hogy az *őselem a levegő*, és a többi anyag a levegő sűrűsödésével (pl. víz, szilárd anyagok), illetve ritkulásával (tűz) születik. Az elképzelést dicséri, hogy hasonló folyamatok a természetben is megfigyelhetők. Így például a felhő és csapadékekeletkezés a levegő (pontosabban a vízgőz, de a görögök számára a levegő, *aer*, általában a gázfázist jelentette) sűrűsödésének, a párolgás a víz ritkulásának a következménye. Anaximenész elmélete számunkra azért nagy jelentőségű, mivel benne van az a tény, hogy a levegő „anyag”. Ennek bizonyítása azonban még vagy száz évet váratott magára.

Empedoklész: aki istennek képzelte magát. Empedoklész (484-424) a görög tudománytörténet különleges alakja. Nem csak jelentőset alkotott, hanem különleges hatalommal felruházott orvosnak, varázslónak, sőt istennek képzelte



Platón és Arisztotelész Raffaello Athéni Iskola című képének középpontjában, Vatikáni Múzeum, Róma

nem a tengeristen, Poszeidón haragja, hanem a víz természetes háborgása időzi elő. Az elképzelés több problémát is felvetett. Az első, hogy mi tartja a vizet. A második, hogy hogyan keletkezett a többi anyag, például a tűz, a vízből.

Ezeket a nehézségeket próbált segíteni Anaximandrosz (kb. 500-428), aki szerint minden a „határtalanból” jött létre, és a Föld is a határtalanban lebeg. Ezzel, ha úgy vesszük, megoldódott az első probléma, de közel sem a második. Hogyan keletkeztek a Földön megfigyelhető anyagok a nem könnyen értelmezhető határtalanból. Anaximandrosz a levegőről nem sokat mondott. Ugyanakkor megpróbált bizonyos légköri jelenségeket megmagyarázni. Így javaslata szerint a villámlás akkor keletkezik, ha a felhők szétválnak, míg a mennydörgést a szél okozza.

magát. Tudományos munkásságának legfontosabb eredménye, hogy kimondta: a világ nem egyetlen, hanem négy őselemből épül föl. Ezek a föld, a víz, a levegő és a tűz. Javaslatával hosszú időre lezárta az őselemek természetéről folytatott vitákat. Másik ihletett meglátása az volt, hogy a különböző anyagok a négy őselem változó arányú keveredésével jönnek létre.

Különösen fontos a levegővel kapcsolatos tevékenysége. Az ötödik században kísérletileg igazolta, hogy a levegő anyag! Ehhez egy ún. *klepsziudrát* használt, amelyeket egyébként az idő mérésére „vízóraként” alkalmaztak. A klepsziudra egy, általában rézből készült gömb, amelynek felső része nyitott csőben végződik. A gömb alján apró lyukak helyezkednek el. Ha az eszközt vízbe mártjuk, akkor

megtelik vízzel. Ujjunkkal zárva a felső cső nyílását, a víz a gömbben marad, ha kiemeljük a folyadékból. Ha szabaddá tesszük a felső nyílást, a víz meghatározott idő alatt (ezért használták óráként) kifolyik a gömbből. Ha azonban a cső nyílását már akkor zárjuk, amikor a gömböt a vízbe mártjuk, akkor a gömbbe nem jut víz. Empedoklész helyesen úgy gondolta, hogy a gömbben van egy anyag, a levegő, amely megakadályozza a víz beáramlását. Ha bemártáskor nem zárjuk a csövet, akkor a víz felül természetesen kiszorítja a levegőt. Más szavakkal: Torricelli előtt két évezreddel igazolta, hogy a levegőnek nyomása van. A görög filozófus a levegő láthatatlanságából kiindulva azt is kimondta, hogy a levegőnek nagyon finoman elosztott anyagból kell állnia. Mivel orvos is volt, a kísérleti eredmény alapján úgy vélte, hogy az ember légzése a *klepsziüdra* elvén működik.

Az ókori görögök a történelem első tudósai. Meglátásaik ellenére nem voltak mai értelemben vett materialisták. Erre jó példa Empedoklész. Püthagorasz követőikhez hasonlóan hitt a lélekvándorlásban, a lélek hallhatatlanságában. Orfista volt, akik tanait a legendák ködébe vesző Orpheuszról származtatták. Hitték, hogy a lélek az örökös áldás vagy kínszenvedés állapotába kerülhet. Az ember földből és égből tevődik össze. A tiszta élet az égi részt erősíti, a földit gyengíti. Az égi rész túlsúlyba kerülése misztikus tudáshoz vezet. Empedoklész ennél tovább ment, istennek képzelte magát. A közel sem bizonyított hagyomány szerint mágikus erővel rendelkezett: gyógyított, eltérítette a szeleket, sőt egyszer egy halott asszonyt is feltámasztott. Mivel kortársai nem mindenben osztották istenségét, elhatározta, hogy isteni voltáról bizonytságot tesz. Hirdette, hogy beugrik az Etna kráterébe, és onnan élve távozik. Be is ugrott. Nem volt isten. Így ért véget annak a gondolkodónak az élete, aki bebizonyította, hogy a levegő anyag.

Platón: ikozaéderből levegő. Az ikozaéder húsz szabályos háromszög által határolt mértani test. Platón (427-347) azt sugallja, hogy a test szétesésekor levegő (és tűz) keletkezik. A ma már kissé furcsa javaslat megértéséhez induljunk ki Platón elképzeléseinek alapjaiból. A nagy görög gondolkodó szerint az igazi valóság a *Formák* világa, amelynek tökéletlen árnyképe az észlelt valóság. Ez utóbbit csupán azért kell tanulmányozni, hogy a Formákról sejtésünk legyen. Így az égitestek sokszor szabálytalan (pl. bolygók) mozgását szerinte vissza kell vezetni a tökéletes formák, a körök és gömbök világába. Ez akkor előremutató elmélet volt, mivel az égi jelenségeket a matematika (geometria) segítségével értelmezte. Évszázadok múlva azonban a fejlődés akadályozójává vált. És végül, ahogy Püthagorasz követői mindent a számokra vezettek vissza, a platóni iskola, az Akadémia az anyagi dolgokat a geometriai formákkal azonosította.

Platón elfogadta Empedoklész javaslatát, amely szerint minden természetes anyag a négy egyszerű elem, a tűz, a levegő, a víz és a föld vegyülete. Nem állt meg azonban ennél a gondolatnál, hanem a négy elemet a szabályos háromszögekből képezhető szabályos mértani testekkel, formákkal azonosította. Így a tűz négy lapból álló *tetraéderek*-ből, a levegő *oktaéderek*-ből (nyolc lap), a víz *ikozaéderek*-

ből (20 lap), míg a föld a kockákból (*hexaéder* - 6 lap) áll (Lloyd, 2012). Az ötödik szabályos testet, a *dodekaédert* (12 lap) nem párosította egyszerű elemmel, hanem az égi állatövvel.

Platón anyagról vallott elmélete abban hasonlít az atomisták⁴ nézeteihez, hogy a világ homogén egységekből áll. Az atomisták azonban az atomokat szilárd testeknek tekintették, míg Platón szerint az egységek felületek, amelyeket egyenlő oldalú, illetve egyenlőszárú háromszögekből lehet megszerkeszteni. Ezek a geometriai egységek egymásba át is alakulhatnak. Így, bár a részleteket írásaiból nem ismerhetjük meg, a vizet alkotó ikozaéderek két oktaéderré, azaz levegővé, és egy tetraéderré (tűz) esnek szét. Elvileg a folyamat az ellenkező irányba is végbemehet.

Mai fejje természetesen számos kérdést felvethetünk. Már az alapelképzelés is megkérdőjelezhető: hogyan lehet a világ tárgyait geometriai egységekkel jellemezni? Miért és hogyan esnek szét (vagy állnak össze) a geometriai testek, hogy más anyagokat képezzenek? Az elmélet szerint továbbá a negyedik elem, a föld nem alakul át? A kocka kockákra esik szét, illetve kockákból rakható össze. Miért nem kötődik az ötödik szabályos test, a dodekaéder valamilyen őselemhez? Természetesen a kérdésekre nincsenek válaszaink. Fogadjuk azonban el, hogy Platón filozófiájával megpróbált valamiféle rendet vinni a világba. A világba, amelyben szerinte az ész uralkodik. És ebben a rendben nem fedkezett meg a levegőről, amelynek vizsgálatát fontosnak tartotta.

Arisztotelész: mi a meteorológia? Arisztotelész (384-322) az ókori tudomány legnagyobb alakja, még akkor is, ha fontosabb nézetei az idők során egytől egyig hamisnak bizonyultak. Életművét számunkra különösen fontosá teszi, hogy a filozófia három klasszikus területe mellett (fizika, értelem, logika és etika) *Meteorológia* c. könyvében először foglalta össze a levegővel kapcsolatos ismereteket (angolul lásd: Aristotle, 2004).⁵ A kötetről nem rég jelent meg részletes magyar ismertetés (Mészáros, 2006b). Jelen cikkben ezért tartalmáról csak néhány megjegyzést teszünk.

E folyóirat olvasói számára mindenképpen érdekes, hogy az ókori Mester mit is értett meteorológián. Közel sem azt, amit mi. Szerinte a meteorológia⁶ „... olyan természetes jelenségekkel foglalkozik, amelyek kevésbé tökéletesek, mint a testek elsődleges elemének rendje. A csillagok mozgásának közvetlen közelében zajlanak le (ilyen a tejút, az üstökösök és a meteorok mozgása). Tanulmányoz továbbá minden jelenséget, amelyek a levegőhöz és a vízhez kapcsolódnak, és vizsgálja a föld mindenfajta részét, illetve ezek jelenségeit. Megvilágítja a szelek és földrengések okait

⁴ Az anyag oszthatatlan egységekből, atomokból áll.

Legismertebb képviselőjük Démokritosz (kb. 461-360).

⁵ Ismereteim szerint a görög eredetiből jelenleg készül a magyar fordítás.

⁶ A meteorológia szó a görög *metéorosz*, azaz magasba emelt, magasban lebegő kifejezésből származik (Benkő és mások, 1970).

és a részek mozgásának minden következményét, amelyet a mozgás kivált”. A meghatározáshoz annyit fűzünk hozzá, hogy a testek elsődleges eleme az éter (*aither*), amelyben a változó, és múlékony világ fölött az örök, változatlan égi mozgások végbemennek. Arisztotelész ugyanis elfogadta a négy őselemet, hozzátéve egy ötödiket, az étert. Empedoklész javaslatát még azzal is kiegészítette, hogy mindegyik őselem kettős tulajdonsággal rendelkezik. Így a levegő meleg és nedves, a víz hideg és nedves, a föld hideg és száraz, a tűz meleg és száraz. Ha valamelyik elem egyik tulajdonsága megváltozik, akkor egy másik elem keletkezik. Például, ha a meleg levegő lehűl, akkor víz keletkezik, ha „kiszárad”, akkor tűz jön létre, és megfordítva.

Ha eltekintünk a „csillagok mozgásának közvetlen közelétől”, akkor a meteorológia arisztotelészi meghatározása leginkább a földtudományok mai definíciójához hasonlít. Így az utolsó mondatban együtt említi a szeleket és a földrengéseket. Nem is véletlenül. A két jelenség az ókori tudós szerint szorosan összefügg. A szeleket a levegő felszíni kiáramlása hozza létre, „minden szélnek a száraz párolgás az oka” jelenti ki. Ugyanakkor a nedves párolgás felhők keletkezéséhez vezet. Előfordulhat, olvashatjuk a *Meteorológiában*, hogy az áramlás függőleges és nagy energiával rendelkezik. Ilyenkor behatol a földre, ami földrengéshez vezet. Mielőtt ezen mosolyognánk, gondoljunk arra, hogy a földrengéseket csak jó ötven évvel ezelőtt tudta a tudomány helyesen megmagyarázni.

Arisztotelész: a mozgásokról. A *Meteorológia* c. művén kívül Arisztotelész más írásaiban is foglalkozik olyan témákkal, amelyekben közvetlenül vagy közvetve kapcsolatosak a levegővel. A témák között legfontosabb a mozgások tana, amelyet elsősorban a *Fizika*, illetve *Az égbolt* c. munkájában fejt ki (az utóbbi nem rég magyar kiadásban is megjelent: Arisztotelész, 2009). Bár Arisztotelész nem ad összefüggő dinamikai képet, ő az első a görög tudományban, aki ilyen kérdésekkel foglalkozik. Abból indul ki (Lloyd, 2012), hogy a négy földi elem természetes mozgása lefelé vagy fölfelé irányul: a Föld középpontja felé vagy attól távolodva. Ha semmi sem akadályozza az elemeket, akkor a könnyűek, a tűz és a levegő emelkednek, a nehezek, a víz és a föld süllyednek. Mint a mozgó állatok, az elemek mintegy a „helyükre” igyekeznek. Természetesen ellenkező irányú mozgás is lehetséges, de az ilyen kényszermozgásokhoz erőt kell kifejtenünk. Az erő azonban nem a gyorsulást, hanem a sebességet változtatja meg. Ez volt a görög gondolkodó egyik tévedése, bár igazából a tételt csak Newton cáfolta meg (addig lényegében mindenki elfogadta). Az erőhatás legegyszerűbb példája, ha egy követ elhajítunk a levegőben. Persze akkor azonnal felmerül a kérdés: milyen erő mozgatja olyan sebességgel lefelé a levegőt, hogy földrengéseket okoz? Sajnos a kérdésre egyik arisztotelészi műben sem találunk egyértelmű választ.

Az atomisták feltételezték, hogy az atomok között légüres tér helyezkedik el. Platón ezt a feltételezést nem fogadta el, mivel, úgy okoskodott, a mozgáshoz valamilyen anyagra, közegre van szükség. Ezt a nézetet vallotta Arisztotelész is.

Úgy gondolta, hogy a sebesség fordítottan arányos a közeg „sűrűségével” (mai szóhasználattal), amelyben hullik. A *Fizikában* a testek levegőben, illetve vízben történő mozgását elemezve megjegyzi: „... amennyivel a levegő ritkább és testetlenebb, mint a víz, a tárgyak annyiival gyorsabban mozognak az egyikben, mint a másikban”. Ez a megállapítás mai tudásunk szerint is helyes, a testek mozgása sűrűbb közegben valóban lassúbb, de az összefüggés bonyolultabb, mint Arisztotelész feltételezte.

Tulajdonképpen a levegővel függ össze Arisztotelésznek az a megállapítása, amely a legtöbb kritikát váltotta ki. A levegőben hulló testek megfigyelése alapján kimondta, hogy a súlyosabb testek nagyobb sebességgel hullnak, mint a könnyebbek. Az égboltban erről a következőket írja: „Ha a súlyok adott idő alatt bizonyos távolságot tesznek meg, akkor a nagyobb súlyúnak ugyanahhoz a távolsághoz rövidebb időre van szüksége, és az idő a súlyok arányában viszonyul egymáshoz”. A megfigyelés korrekt: tény ugyanis, hogy a nehezebb testek gyorsabban esnek, mint az ugyanolyan formájú és nagyságú, kisebb sűrűségű tárgyak. De ebből a kísérleti megfigyelésből nem lett volna szabad (könnyű ez ma mondani) általános következtetést levonni. Honnan tudhatta volna a Mester, hogy vákuumban (amelynek a létét el sem fogadta) ez nem így van.

A tudománytörténet érdekessége, hogy a tétel helyességét már egy bizánci tudós a Kr. u. hatodik században élt Philoponosz is megkérdőjelezte (nem kellett Newtonig várni). Ez azért is érdekes, mivel a Bizánci Birodalomban nem nagyon foglalkoztak tudománnyal. A bizánci gondolkodó azt írja (idézte: Simonyi, 1981): „Ugyanis, ha leejtünk azonos magasságból két súlyt, amelyek egyike sokszorosan nehezebb, mint a másik, azt találjuk, hogy a mozgáshoz szükséges idők viszonya nem függ a súlyok viszonyától, hanem az időbeli különbség nagyon kicsi”. Lloyd (2012) szerint a mondat kísérleti megfigyelésen alapul. Simonyi ezt vitatja. Valószínűtlennek tartja, hogy a hatodik században sikerült a kísérlethez szükséges vákuumot előállítani. Ugyanakkor nehéz elképzelni, hogy a bizánci erre intuitíve jött rá. Mindenesetre rájött, és igaza volt.

Theophrasztosz: időjárási előjelek. Arisztotelész után a levegővel kevés görög gondolkodó foglalkozott. Ezek közé tartozott tanítványa, Theophrasztosz (372/369-288/285), aki elsősorban a növények rendszerezésének szakértője volt, de a levegő jelenségei után is érdeklődött. Ilyen irányú nézetei magyarul is megjelentek (lásd Mészáros, 2008). Itt csupán arra utalunk, hogy ő volt az a gondolkodó, aki összefoglalta az időjárás előrejelzésével kapcsolatos ókori nézeteket (Theophrastus, 1980). Ez lehetőséget ad arra, hogy rövid eszmefuttatásunkat a levegő állapotának változásaira vonatkozó elképzelésekkel zárjuk.

Az idézett írás a következő mondattal kezdődik. „Az eső, a szélvihar és a szépidő előjeleit írjuk le, ahogy ezek összegyűjthetők részben saját megfigyelések, részben hitelképes személyek információi alapján”. Az előjelek lehettek égi, légköri (szerencsére ilyenek is voltak), vagy más természetes jelenségek (pl. állatok viselkedése). Nézzünk ezek közül néhányat, megjegyzés nélkül idézve a szerzőt.

„... ha télen vagy tavasszal a nap felhőben nyugszik le, akkor három napon belül eső lesz”.

„Esőt jelent, ha a varangyos béka fürdik, és még inkább, ha a békák hangosak”.

„A földön összegömbölyödő kutya erős szelet jelez”.

„Ha ősszel a birkák vagy az ökrök lyukakat ásnak, és összedugják a fejüket, akkor kemény tél lesz”.

„... szépidő következik, ha a hold körvonala három nappal a telihold után fényes...”

„Ha a birkák későn kezdenek legelni, ez annak a jele, hogy szépidő lesz. Akkor is így lesz, ha a bivaly és a kutya a baloldalán fekszik, ha jobboldalukon fekszenek, az vihart jelent”.

Az előjelek között persze olyanok is akadnak, amelyekkel egyetérthetünk. Igaz ezek eléggé nyilvánvalóak. Például:

„Ha minden oldalról villámlik, ez esőt jelez, és bármely irányban villámlik, rövidesen megerősödik a szél. Nyáron, ha akármelyik irányban villámlik és dörög, akkor szélvihar lesz...”

Azt hiszem nem érdemes további idézetekkel szolgálni. Az eddigiekből is látható, hogy időben milyen messze vagyunk még a tudományos alapokon nyugvó szubjektív előrejelzésektől is, az objektív numerikus prognózisokról már nem is beszélve. Az mindenesetre biztos, hogy az időjárás előrejelzésére már az ókorban is volt igény.

Záró megjegyzések. Mint láttuk, a korai görög filozófusok megpróbálták a levegő természetét és szerepét megismerni és

raciónalisán megmagyarázni. A lehetőségek akkori szintjén ez többé-kevésbé sikerült nekik, annak ellenére, hogy nézeteikből ma már lényegében semmit sem fogadunk el. Az időjárás változásainak értelmezésében, illetve előrejelzésében nem sok sikert értek el. Ennek ellenére tudományunk, a meteorológia kialakulásában fontos szerepet játszottak. Felvetették azokat a kérdéseket, amelyekre sokszor még ma is keressük a megfelelő válaszokat: miből áll a levegő, mi okozza a változásait, milyen kapcsolatban van a Föld többi tartományaival, és, nem utolsósorban, hogyan lehet folyamatait előre jelezni.

Irodalom

Arisztotelész, 2009: Az égbolt (franciából fordította Lautner Péter). Akadémiai Kiadó, Budapest.

Aristotle, 2004: Meteorology (Transl.: E.W. Webster). Kessinger Publishing, Whitefish, MT.

Benkő L., Kiss L. és Papp L. (szerk.), 1970: A magyar nyelv történeti-etimológiai szótára. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Lloyd, G.E.R., 2012: Greek Science. The Folio Society, London.

Mészáros E., 2006a: Az újkor tudományos forradalma. A meteorológia születése. Légkör 51 (különszám), 2-6.

Mészáros E., 2006b: Ókori meteorológia: ahogy Arisztotelész gondolta. Magyar Tudomány 167, 197-204.

Mészáros E., 2008: A levegő megismerésének története. MTA Történettudományi Intézete, Budapest.

Simonyi K., 1981: A fizika kultúrtörténete. Gondolat Kiadó, Budapest.

Theophrastus, 1980: Concerning Weather Signs. In Enquiry into Plants II. (Transl.: A.F. Hort). Loeb Classical Library, Cambridge (USA), London.

KISLEXIKON

POCKET ENCYCLOPAEDIA

Somfalvi-Tóth Katalin

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

ANNEX, *annex* <ang, latin *annectere* szóból>, melléklet, függelék. Az ICAO bizottságai ~kben foglalják össze a polgári repüléssel kapcsolatos alapelveket, szabályokat. Ezek kitérnek a személyi alkalmasságra, a repülőgép légi alkalmasságára, a karbantartás követelményeire, a környezetvédelmi előírásokra, a veszélyes áruk szállítására. A nemzetközi légi közlekedés meteorológiai kiszolgálására vonatkozó előírásokat az ANNEX3 tartalmazza. (*Wantuch F. és Potor A.: Repülésmeteorológiai előrejelzések lehetséges verifikációja*)

evapotranspiráció, *evapotranszspiráció* <lat. *evaporatio* + *transpiratio*> a talaj- (víz-) és a növényfelszín együttes párolgása. (*Dr. Antal Emánuel 80 éves*)

evapotranspirométer, *evapotranszspirométer*, *kompensációs liziméter* a növényállománnyal borított talaj párolgásának mérésére szolgáló eszköz, amelyben egy kiegyenlítő tartály segítségével állandó magasságban tartják a talajvízszintet. (*Dr. Antal Emánuel 80 éves*)

ICAO <röv., ang. >, *International Civil Aviation Organisation*, Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet, az ENSZ 1944. december 7-én Chicagóban alapított szakosított szerve. Székhelye Montreal, Kanada. Feladata a polgári légi közlekedés biztosítása nemzetközi szabályok és szabványok megalkotásával és elfogadtatásával. A szervezet alelnöke 2006. október és 2007. október között dr. Sipos Attila volt. (*Wantuch F. és Potor A.: Repülésmeteorológiai előrejelzések lehetséges verifikációja*)

K-index labilitási index. A szinoptikus gyakorlatban a heves zivatarok kialakulási valószínűségének meghatározására használt mérőszám. Értékét a

$$K = T_{850} - T_{500} + Td_{850} - (T_{700} - Td_{700})$$

formula határozza meg, ahol T illetve Td az indexben megadott nyomási szinten (hPa) mért hőmérséklet illetve harmatpont. (*Zsikla Á.: A 2011 évi balatoni és velencei-tavi viharjelzési szezonról*)

Folytatás a 35. oldalon

MÁS AZ A NAP

THE SUN IN AN OTHER APPROACH

Jankovics Marcell

a Magyar Művészeti Akadémia tagja
marcell41@t-online.hu

Összefoglalás. Nemcsak a meteorológiai mérési és megfigyelési gyakorlatban kiemelt szerepe van a Napnak, hanem a meteorológiai riasztásban is. Az UV-B sugárzás bizonyos határértéket meghaladva veszélyes a nem is túl hosszú időn keresztül való napozás során az emberre. Az UV-B veszélyes időszak az év nyári felére terjed ki, amikor az Országos Meteorológiai Szolgálat kiad UV-B riasztást. A szezon kezdetekor a Napsugárzás-védelmi Testülettel közösen az OMSZ minden évben sajtótájékoztatót tart, amire különböző kapcsolódó szakterület képviselőit is meghívja. A 2012. április 24-i sajtótájékoztatót a Napról elhangzott kultúrtörténeti ismeretekről elhangzott előadást foglalja össze ez az írás.

Abstract. The Sun plays a role not only emphasized in the meteorological measurement and watch practice, but in the meteorological warning system too. UV-B radiation exceeding a certain limit value is dangerous of sunbathing person through not too long time. The UV-B dangerous period expands on the summer half of the year when the OMSZ-Hungarian Meteorological Service issues UV-B warning. OMSZ keeps a press conference, to which he invites the representatives of different related specialists, together with Sunshine Protection Body at the time of the beginning of the season in every year. The 24 April 2012 press conference among others a cultural history paper was presented. The paper summarizes the presentation.

Bevezetés. Előadásomnak az volt a célja, hogy fölmutassam az ókori napkultusz tudományos igényre utaló és gazdasági célzatú elemeit.

A háromszögletű egyiptomi napjelkép. Nut ég-, helyesen tejútistennőt Dendera római kori Háthor templomában úgy ábrázolják, amint az ágyékából kelő Nap beragyogja Háthor istennőt. Nutról úgy beszélnek, mint aki este fölfalja és reggel újraszüli a Napot, ennek megfelelően is látható. A későkortól kezdve ez arra is utalt, hogy a Nap a nyári napfordulón a Tejút és a horizont egyik találkozásánál (Nut szájánál) nyugszik le, a téli napfordulón pedig a másikon (Nut ágyékából) kel. Ez így van mindmáig.

Az említett domborművön (1. ábra) a napsugarakat nem az általunk ismert módon, hanem kis egyenlő oldalú háromszögek sorozataként ábrázolták, mintha tudomásuk lett volna arról, hogy a fény kvantumokban terjed.

A domborművek, szobrok, koporsófedelek fáraóinak a kezében lévő stilizált, arany ostor fonadékát éppolyan háromszög-sorozatok jelzik, váltakozva gömböcskékkel és sugarakkal (vö. a magyar szóval: ostorsudár), amilyenekkel a napsugárzást ábrázolták az egyiptomiak. Ez arra emlékeztet, hogy a fáraó a Nap leszármazottja, egyben megtestesülése – az egyiptomiak hite szerint. Amikor az uralkodó megjelent alattvalói körében, azt mondták:



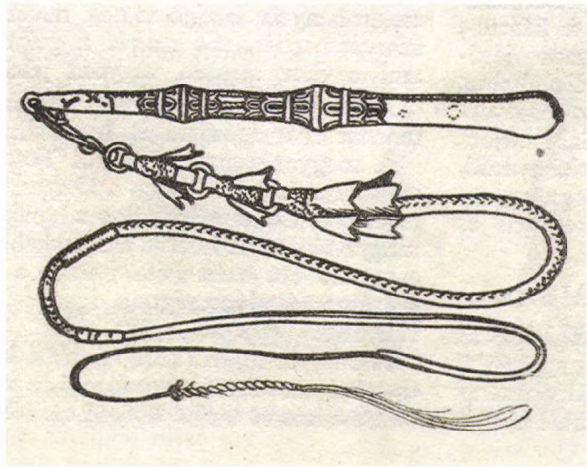
1. ábra Nut ágyékából kiáramló Háthorra áradó napsugárzás



2. ábra A napsugarak ábrázolása az ókori Egyiptomban

„fölkelt a Nap a horizonton”. Mindkét eseményt ugyanazokkal az írásjelekkel írták le.

Az ostor, úgyis, mint villámjelkép, a Nap attribútuma a görög mitológiában is. Héliosz napisten villámostorral hajtotta a lovait. Héliosznak viszont Illés (Éliahu) próféta a bibliai megfelelője. (Nem ez az egyetlen kapcsolódás a bibliai történetek és a görög mitológia között.) Malakiás próféta így ír a Messiásról, akit a tüzes szekéren égbe emelkedő Illéssel azonosít: „És feltámad néktek, a kik félitek az én nevemet, az igazságnak napja, és gyógyulás



3. ábra A karikás ostor pillangói emlékeztetnek a fáraói ostor (légyecsapó) "fénykvantumaira"

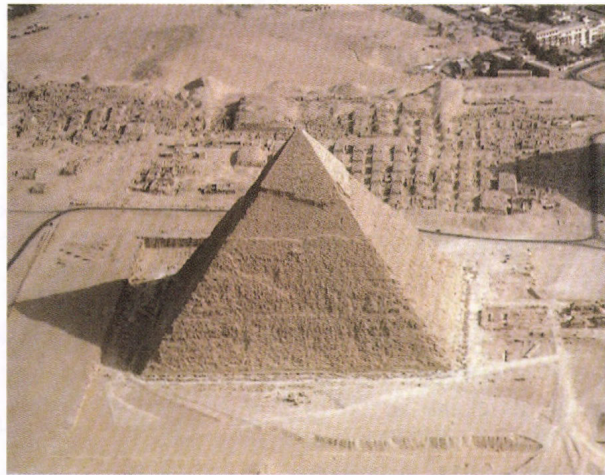
lesz az ő szárnyai alatt...” (Mal 4,2). A közelmúlt görög és balkáni ortodox néphite Hélioszt és a viharisteni tulajdonságokkal felruházott Szent Illést váltig összekeveri. A nyári Illés-nap (júl. 20.) körüli viharokat kísérő villámlást és mennydörgést Illés ostorpattogatásával, szekérének dübörgésével magyarázzák. A gnosztikus gemmákon Jao (Jahve) isten kezében Héliosz villámló ostorát látjuk.

Felhívnam a figyelmet a magyar pásztorok pillangós karikás ostoraira (3. ábra). A karikákkal váltakozó háromszögletű „pillangók” a fáraói ostorok fénykvantumaira emlékeztetnek.

Bár az egyiptomi piramisok óriásméretűek az ostorok kis háromszögletű fénykvantumaihoz képest, ők is a napfény szimbólumai (4. ábra). Gigantikus méretük azt is elárulja, hogy az egyiptomiak megsejtették, hogy a legfőbb, egy időben egyetlen istenük (Aton) is elképzelhetetlenül nagy. Ne felejtjük el, hogy az ideális piramis négy oldala egyenlő oldalú háromszöghöz közelít. Az egyenlő oldalú háromszög pedig még a kereszténységben is az isteni tökéletesség, a szentháromság jelképe. Egyiptomban az istenháromságok atya, anya és fiú együtteséből álltak, ennek nyomán a koptok a Szentlélek helyére Isten Anyját helyezték a szentháromságba.

Kákosy László, a kiváló egyiptomi régész szerint a piramis a „fényhegy” kőből rakott mása. A „fényhegy”, az *ahet* hieroglifa azt a helyet jelöli, ahol a Nap lenyugszik és fölkel, vagyis ahol – két hegy között – az egyik világ-

ból a másikba átlép. Ez magyarázhatja azt is, miért faragtak kis piramisokat a későkor előkelőinek kisméretű síremlékeire. Kákosy László a fényhegy-metaphora alapjának azt a valóban gúla vagy háromszög alakú fénypiramist tartja, mely Egyiptomban olykor naplementekor a nyugati égbolton, napkeltekor keleten látszik (l. még „állatövi fény”). Magát a Napot is ábrázolják gúla alakúnak, amiből arra következtet, hogy a piramist napjelképnek is felfoghatjuk. Az egyiptomi obeliszk, tetején a piramis alakú csúccsal, az ún. piramidionnal, a napsugár gránitba faragott (egykor aranylemezzel burkolt) metaforája, mi-



4. ábra A piramis is napfény szimbólum

közben napóra mutatójaként, a nyári napforduló időpontjának a meghatározására szolgált. A Ráktérítő Sziénén, a mai Asszuánon halad keresztül, ahol a nyári napfordulók a Nap pontosan a zeniten delel, az itt fölállított obeliszk nem vetettek árnyékot.)

A virág mint egyetemes világosságjelkép. A párizsi Louvre-ban őriznek egy Kr. e. IX. századból való festett egyiptomi fatáblát, melyen a sólyomfejű napisten látható, feje búbján kígyó kerítette napkoronggal (2. ábra és 5. ábra). Az égitestből fényháromszögek helyett oldalnézeti virág-kehely sorozatok záporoznak az istennek hódoló nőalakra. Kákosy László a „virágkvantumot” a másik jellegzetes egyiptomi napfény-ábrázolás, a fényháromszög elnövényesedett formájának tartja.

Az első magyar vers, az *Ómagyar Mária-siralom* így szólítja Jézust: „Vylag uilaga viragnac uiraga”, azaz „Világ világa, virágnak virága”. A „világ” itt természetesen világosságot jelent. (L. napvilág, mécsvilág.) Ez az értelme népdalból szintén ismerős: „Gyere babám, gyűjt-sál világot!” A népdal a virág-világ kapcsolatot is megőrizte: „Virágéknál ég a világ, ...”. Nem a magyar az egyetlen, mely mindössze egy betű eltéréssel, azaz félrehallhatóan nevezi nevén a két fogalmat. L. orosz *свѣтъ* fény, világosság, *цвѣтъ* virág.

Nem mellékes, hogy Krisztust, a „világ világosságát” még a barokk korban is ábrázolják virággyermekként. Például a gyöngyöspatai Jessze fája-oltáron, ahol Mária-

val együtt rózsakehelyből emelkedik ki. Ez a kép a ló-tusból kifesző napisten-gyermek, Nofertum ó-egyiptomi ábrázolásáig követhető vissza.

Világ és virág között van képi kapcsolat is. Az egyiptomiak a csillagokat ötszirmú virágként ábrázolták. A legközönségesebb egyszerű vadvirágforma ötszirmú. Ezek a virágok olyanok, amilyeneknek az ember stilizálja a csillagokat. Régi kínai mondás szerint a csillagok az ég virágai, a virágok földre szállt csillagok. A magyar vadvirágnevek között sok csillagosat találunk. Íme, egy sor ezek közül: kékcillag, csillagbogáncskóró, csillagfü, csillagfürt, csillaghúr, csillagpázsit, csillagos szívfű, csillagvirág. Közülük több nemzetségnév. Ezeknek, mint például a csillaghúrnak, egyenként akár száz faja is virít. Említést érdemel, hogy a virágok jellemző színei: a fehér, sárga, vörös és kék megegyeznek a csillagokéval.

A virág fölbukkan egy másik ősi fényjelkép, a szarvas-agancs díszeként is. Nincs terem itt arra, hogy bemutassam sorozatban a napos, holdas, sugárzó vagy éppen lángoló szarvas fejdísz-ábrázolásokat, melyek Eurázsia minden részén előkerültek az újkőkortól a legújabb korig, csak példákat ragadok ki. Mint azt a tetoválást, amely az altáji Pazyryk egyik, Kr. e. V. századi sírjában mumifikálódott előkelő halott jobbkarján látható a szentpétervári Ermitázsban. E tetovált állat mitikus lény. Sötét pofája és ugyancsak sötét, patában végződő lába, világos teste, valamint papucsos szája a rénszarvasé, furcsa fejdíszének előre ágazó részei is rénagancsra hajaznak. Ugyanakkor a száját kampós csőrnek is nézhetjük, vagyis van madárszerű (!) is benne. Agancsa a legkülönösebb. A szarvpár íve a kőszáli kecske szarvának hátrahajló ívét követi, és az agancságak végén virágok nőnek. Hasonlóképpen az állat sörényén és hosszú farka végén. A virágok némelyike viszont stilizált madárfej is lehetne.

Az altáji Pazyryk V–III. századi fejedelmi sírjaiból olyan lómaszkok kerültek elő, melyek a temetéskor feláldozott lovakat táltossá varázsozták, olyan csodalénnyé, mely leginkább szarvasra emlékeztet. A keleti szkíták, perzsától kapott nevükön szakák, lótenyésztő létükre az isteni szarvas népének tekintették magukat, aminek az lehet a magyarázata, hogy őseik, mielőtt lótenyésztésre adták volna a fejüket, rénszarvaspásztorok voltak.

Az Ermitázsban őriznek egy szintén Pazyrykben talált, fémből készült kis szarvas lómaszk-modellt. A szarvasfő egy óriás griff csőréből bújik ki, s ez utóbbi fejéhez kétoldalt madárszárny illeszkedik. Első látásra a griff feje

nem szűr szemet, és a szárnyak a szarvas fejdíszének, fülének tűnnek. Az V. századnak mondott gímszarvas-fejet formázó maszkot sajátos agancs koronázza. Az agancságak ugyanis kakasfejekben végződnek. E kakasfejek a tetoválás agancsvirágaira emlékeztetnek.

Ha a virág fényjelkép, a kakas, ez az ázsiai eredetű „tűzmadár” még inkább az. Kínától Európáig sorolhatnám a példáit. Ismét legyen elég csak kettő. Mi magyarok, ha régen kigyulladt egy ház, azt mondtuk, „vörös kakas szállott rá”. A zsidók – Chagall képei a tanúk rá – Isten jelképének szintén a kakast tekintik, két bibliai állítás nyomán. Mielőtt Isten azt mondta volna: „Legyen világosság!”, a „*Lele lebeg vala a vizek felett.*” (Ter 1, 2-3.) Mint egy kiterjesztett szárnyú madár. A kakas első megszólalását az ember évezredek óta a hajnal jelzésének tekinti.

A tényleges, lótetemen talált pazyryki lómaszkok között is van olyan, amelyen a szarvas páros fejdíszét szárnyak egészítik ki, illetve szárnyak helyettesítik. A szárnyakon talált aranymaradványok e szárnyak fényjelkép-



5. ábra Hórusz fején kígyó övezte, felül szárnyas napkorong

voltát valószínűsítik.

A szárnyas szarvas lófejekről jusson eszünkbe a váci egyház *Képes Krónikájában* elbeszélte alapítási legendája. A történet szerint Szent Lászlónak, miközben bátyja, Géza herceg oldalán csatára készül Vácott, látomásban angyal jelenik meg, és Géza fejére aranykoronát helyez. Géza a látomás hallatán megfogadja, hogyha öccse látomása teljesül, vagyis király lesz, egyházat épít Szűz Máriának azon a helyen. A Salamon feletti mogoródi győzelem, majd a koronázás után visszatérnek a tett színhelyére, hogy helyet keressenek az építendő egyháznak.

„És mikor ott állottak Vác alatt, ahol most Boldog Péter apostol egyháza van, egy szarvas jelent meg nekik, szarvai tele égő gyertyákkal; eliramodott előlük az erdő felé, és lábát azon a helyen vetette meg, ahol most a monostor van. A vitézek rányilaztak, mire a Dunába szökött, és többé nem látták. Ennek láttára szólott Szent László: »Bizony, nem szarvas volt ez, hanem Isten angyala.« És mondotta Géza király: »Mondjad, kedves öcsém, mit jelentettek az égő gyertyák, miket a szarvas agancsán láttunk?« Felelt Szent László: »Nem agancsok voltak azok, hanem szárnyak, nem is égő gyertyák, hanem fényes tollak, lábát pedig azért vetette meg ott, mivel megjelölte a helyet, hogy ott építsük fel a Boldogságos Szűz egyházát, s ne másutt!«”

Az agancs fényjelképpé válásának persze valóságalapja is van. Ha az ember szarvasbögés idején az alkonyi homályban megpillant egy szarvast, először a lecsiszolt agancsok fehéren világító ágcsúcsait veszi észre. Olyanok, mint a gyertyák.

Bármilyen nagy az idő- és térbeli távolság a pazyryki szárnyas szarvas maszkok és a *Krónika* keletkezése között, a Szent László-i legendárium tér- és időbeli folytonosságot jelző párhuzamai azt áthidalhatónak mutatják. Hogy a Pazyrykban temetkezők agancs ~ szárny képzele eleinknél fennmaradhatott a *Képes Krónika* idejéig, azt segítette az – úgymond – kedvező szellemi közeg, mely a fényszimbolika hasonló, fentebb ismertetett képeivel élt. A hagyomány erejét tanúsítja, hogy a regösének szarvasának agancsán ma is, 750 évvel azután, hogy Kálti Márk a váci csodát lejegyezte, változatlan gyűjtatlan gyűlladnak a misegyertyák, akár a karácsonyi regölők, akár Berecz András, akár a „Vágtázó Csodaszarvas”, Grandpierre Attila hangján.

A csodaszarvasok agancsát szárnynak látja a szent herceg, az agancson keresztet, napot látnak más arra érdemesítettek. Erről a szárnyas napkorong-ábrázolások jutnak az eszembe. A fényszárny metafora egészen különleges példája a szárnyas napkorong. Feltevésem szerint ez az ábrázolási forma nem az égitest repülését, lebegését jelzi. Más égitestet nem ábrázolnak szárnyal, a Napot, napisteneket viszont igen, de csak egy jól meghatározott körben (6. ábra). Ez a jelkép csak abban az övezetben fordul elő, ahol olyan gyakori a napfogyatkozás (Közép-Amerikában, Egyiptomban, Mezopotámiában, Iránban, Délkelet-Ázsiában), hogy rendszeres megfigyelés és tapasztalatgyűjtés tárgyává válhatott. Napfogyatkozáskor például „tezkatlipokán” (azaz obszidiánon) keresztül nézve azt látjuk, hogy a Nap belső koronája vagy virág alakú, sugarasan veszi körbe a Napot, vagy csak kétoldalt terül ki szélesen. Ez utóbbi esetben a belső korona alakja kiterjesztett szárnyú madárra emlékeztet.

A virág alakú korona naptevékenységi maximumot, a madár alakú naptevékenységi minimumot jelez. A naptevékenység eme két szélső értéke a földi időjárásban jelentős eltérést eredményez. Ingadozása döntő mértékben befolyásolta a hagyományos agrártársadalmak sorsát. Belátható, hogy a naptevékenység megfigyelése, és a jelenséggel kapcsolatba hozható nedves és száraz időszakok előrejelzése, a napisten hangulatának kifürkészése mérhetetlenül fontos lehetett a számukra.

Magyarországon ritka a napfogyatkozás, nálunk e jelenség nem válhatott prognózisok eszközévé. Ám eleink

és a szomszédos műveltségek között kimutatott kapcsolat alapján állíthatjuk, hogy mind a szibériai madársugaras nap, mind az iráni szárnyas napkorong ismert lehetett a sztyeppei őshazájukban élő magyarok előtt. Ezzel nem azt akarom mondani, hogy ezek a középkorban még használt és értett képjelek lettek volna, és mint ilyenek szolgáltak volna alapul Szent László látomásához. Csúpn jelzem, hogy a szóban forgó fényszimbolika más műveltségekben keletkezett formáit eleink is ismerhették, és a forma a jelentés ismerete nélkül is fennmaradhatott a népművészetben. Valkay Erzsébet a kalotaszegi varrottasok jelkészletéről írott tanulmányában bemutat egy „szárnyas napkorongot”, mégpedig a maga nemében egyedülállót: naptestű méhecske formázta.

A szarvasagancsok között lebegő Nap mindenesetre analóg kép a szárnyas napkorongéval. Az előlnézetű agancskorona és egy kiterjesztett szárnyak tollas szerkezetét összevetve a kettő hasonlósága nyilvánvaló.

Mindebből arra következtetnek, hogy a megfigyelt koronaformákat tudatos megkülönböztetésül használhatták, az egymásnak megfelelő kompozíciójú sugaras és szárnyas formákat bizonyosan, s mindkét forma ihletője a teljes napfogyatkozások idején végzett megfigyelés lehetett. Ebben az összefüggésben a sugarak nem egyszerűen a Nap konvencionális díszei, hanem a napnyár jelei voltak,



6. ábra Szárnyas napkorong zoroasztrikus kultúrkörben

és a szárnyak sem csak a röplő Nap képzeletbeli mozgásszerveit jelezték, hanem a nap nagyon is valóságos „más állapotát”, a naptelet.

Tudjuk, hogy a naptevékenység ciklusa kerekén 22 év. Ez a szám – a hetes szám mellett – a hagyományos műveltségekben a Nap szent száma volt. Példák tucatját idézhetném mind a kettőre nézvést. A 22/7 törtszámot az ókori egyiptomiak a körszámításban használták. A tizedes tört fogalma ismeretlen volt előttük, de a 22/7 meg lehetőséggel felel meg a π , azaz a Ludolf-féle szám értékének.

Irodalom

- Jankovics, M., 1996: *A Nap könyve*. Csokonai Kiadó, Debrecen 1996.
- Jankovics, M., 2007: *Nem agancsok voltak azok, hanem szárnyak*. In: *Folklor és vizuális kultúra*. Szerk.: Szemerényi Ágnes. Akadémia Kiadó, Budapest
- Kákósy, L., 1978: *Egyiptomi és antik csillaghit*. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Valkay, E., 1976: *Őrszem, létrás életfa, szárnyas napkorong*. In: *Művészet* 10

„A múltat tiszteld és a jelent vele kösd a jövőhöz.”
(Vörösmarty Mihály)

DR. ANTAL EMÁNUEL 80 ÉVES

DR. EMÁNUEL ANTAL IS 80 YEARS OLD

A LÉGKÖR tisztelettel köszönti a 80. életévét betöltött, aranydiplomás Antal Emánuel professzort, az OMSZ nyugálományú elnökhelyettesét. Életútja indulását, szakmai pályafutását és nyugdíjas tevékenységét foglaljuk össze írásunkban.

The LEGKOR congratulates Professor Antal Emánuel with Golden Diploma retired deputy President of OMSZ on his 80th birthday. The paper summarizes the departure of his path of life, his vocational career and a pensioner's activity.

A gyökerek a Jászságból erednek, tekintve, hogy Jász-árokszálláson született 1931. október 31-én. Ott végezte el az elemi, majd a négy osztályos polgári iskolát, amely után 1947-ben Gyöngyösre került a mezőgazdasági középiskolába.

Az iskolai kötelezettségeken túli tenni akarása hamar megmutatkozott, ugyanis már első osztályos korában részt vett a gyöngyösi ferences rend által működtetett cserkész mozgalomban, ahol hamarosan őrsparancsnok lett. A mezőgazdasági középiskolát közben átminősítették mezőgazdasági gimnáziummá, az iskola szigorú követelményrendszere és kiemelkedő oktatási nívója azonban nem változott.

Középiskolai éveire szeretettel és büszkeséggel emlékszik vissza mind a mai napig, aminek valódi oka, hogy abban az iskolában magasan kvalifikált tanári kar oktatott. Ennek is köszönhető, hogy kitüntetéses érettségi bizonyítványt szerzett, illetve, hogy osztálytársainak 60%-a egyetemen folytatta tovább tanulmányait. Ez abban az időben országosan is kiemelkedő arány volt.

Az életpálya választás abban az időben az érettségit követően döntő jelentőségű volt a leendő értelmiség számára, mivel aki akkor bekerült az egyetemi képzésbe, annak többsége élete végéig azon a pályán maradt, amiből diplomát szerzett. Érettségi után több dolog is érdekelte: meteorológia, erdészet, színművészet.

A motiváció alapját egyrészt középiskolájának szakmai irányultsága, másrészt a természettudományok és a színművészet iránti vonzódás képezte. Ennek megfelelően három helyre jelentkezett továbbtanulási céllal, nevezetesen a Soproni Erdészeti Egyetemre, az ELTE meteorológus szakára, és a Színművészeti Főiskolára. Mindhárom helyre felvételt nyert.

Végül is a meteorológia mellett voksolt. Attól kezdve, hogy a döntést meghozta, szinte egyenes út vezetett ké-

sőbbi szakterületének, az agrometeorológia művelése, oktatása, szervezése, majd irányítása felé.

A szakot 1955-ben végezte el, az államvizsgát színjelesen abszolválta, így kitüntetéses diplomát kapott. Pályafutása az Országos Meteorológiai Intézetben (OMI), *Dési Frigyes* igazgató mellett tudományos titkárként kezdődött, majd beosztásai a ranglétrán növekvő sorrendben a következőképpen alakultak: tudományos gyakornok, tud. segédmunkatárs, tud. munkatárs, csoportvezető, osztály-

vezető helyettes, osztályvezető, főosztályvezető, h. igazgató, tudományos elnökhelyettes, mb. elnök; majd már nyugdíjasként miniszteri tanácsadó (1992–1994 OMSZ felügyelőként), miniszteri biztos és újból OMSZ mb. elnök (2005. január–augusztus). Látható, hogy a 1955 és 2005 között minden lehetséges lépcsőfokot végigjárt, kivéve egyet – igazgató nem volt.

Az Országos Meteorológiai Szolgálaton (OMSZ) belül szerteágazó kutató-fejlesztő munkát végezett, emellett tevékenységének jelentős részét (sokszor nagyobbik részét) a szervezői, irányítói, vezetői feladatok töltötték ki, amelyeket többnyire a gyakorlati igényekből fakadóan saját ötletei alapján, a Szolgálat vezetésének egyetértésével

kezdeményezett. Ezek többsége rendszerint valamilyen aktuális gazdasági problémafelvetéshez kapcsolódott, ezért előteremthetők voltak a feladat végrehajtásához szükséges anyagi eszközök és a kidolgozott innovációs programok végrehajtásra kerülhettek.

Időrendi sorrendben az alábbi témakörökben kezdeményezett eredményesen záruló programokat:

- Balaton-kutatás keretében végzett és szervezett, ill. irányított terepklimatológiai, mikrometeorológiai, sugárzás-, hő- és vízháztartás méréseken alapuló kutatási programot (1958–1963).



Antal Emánuel 30 éves korában

- Kandidátusi témája keretében Szarvason kutatóállomást, majd obszervatóriumot létesített, ahol komplex hő- és vízháztartás mérésekkel a növényi vízigényeket határozta meg öntözméteoreológiai kutatások tudományos megalapozásához (1963–1992). E vizsgálatok alapján írta meg kandidátusi disszertációját.
- Országos evapotranszspirométeres mérőhálózatot hozott létre a különböző növényállományok vízigényének, öntözővíz szükségletének és öntözési időpontjának modellezéséhez, előrejelzéséhez, ill. az öntözővíz normák tudományos megalapozásához (1965–1973) – Országos Vízügyi Hivatal megbízásából.
- Hidrometeorológiai kutatásokat indított a Fertő tavon, a tó irányított vízgazdálkodásának megalapozása céljából (1968–1980) – Győri VIZIG megbízásából.
- Agrometeorológiai ismereteit számos külföldi egyetemen és kutatóintézetben bővítette WMO ösztöndíjjal 1972–1973 (USA, ill. SzU).
- Részt vett a Meteorológiai Világszervezet „1977 Monszun expedíció” kutatási programjában (1977. április–szeptember) az Indiai-óceánon.
- Megtervezte, szervezte és irányította a Nyíregyházi Kutatás Fejlesztési (K+F) Konzerv Programot, egy „integrált számítógépes zöldégtérmeles-irányító mintarendszer” kidolgozása és alkalmazása céljából (1976–1986). Ez a program valódi innovációs projekt volt, amit elnökhelyettesek történt kinevezését követően Kozmáné dr. Tóth Erzsébet irányította.
- A Magyar Tudományos Akadémia támogatásával közös kutatási programot szervezett az USA legnagyobb meteorológiai kutatóintézetével (NCAR, Boulder, Colorado), amelynek célja a szélsőséges meteorológiai események elemzése Magyarországon és az USA alföldi területein (1987–1991).
- Az OMSz közreműködésével agrometeorológiai posztgraduális képzést szervezett líbiai és szíriai meteorológusok részére (1980-as években).
- Széleskörű szakmai-közéleti szereplést vállalt a saját szakmai, ill. a kapcsolódó társtudományok területén.

A Balaton-kutatás keretében kidolgozta a terepklimatológiai részprogramot, amely korszerű sugárzás-, hő- és vízháztartási mérőprogramra alapult. Ez jelentette számára azt a szakmai kulcsot, amivel kinyithatta a helyszíni méréseken alapuló terepklimatológiai, mikrometeorológiai, majd az agrometeorológiai témakörökben feltárandó és válasza váró kérdéskörök világát.

Azt az elvet a mikro- és agrometeorológiában, hogy mérni, feldolgozni, kutatni és írásban közreadni kell,

mind a mai napig alapelvnek tekinti. Ennek alapján a növényeket helyszíni mérésekkel kell „faggatni” arról, hogy mekkora a sugárzás-, fény-, hő- és vízigényük különböző időjárási viszonyok és éghajlati körülmények között. Ilyen esetekben csakis fizikai és biológiai mérések, s az erre alapozott matematikai modellek igazíthatják el a kutatót a növényfajok agrometeorológiai igényeinek világában. Bár előzetesen is sejtette, az évek során azonban a gyakorlatban is bebizonyosodott, hogy a kutató- és kísérleti állomások szervezése, a rendszeres adatgyűjtés, feldolgozás és elemzés fáradságos és időigényes munka – a kutatásnak mégis ezt az útját választotta.

A Balaton-kutatás első évében (1958) óránkénti sugárzás- és hőháztartás méréseket indított a Tihanyi-félszigeten természet, nagy kiterjedésű levendula állományban. Azonos időben két partközeli mérőállomáson (Szabadság-pusztán és Balatonkilitiben), valamint a VITUKI Balaton-kutató hajójának igénybevételével, tó vízfelszíne fölött hőmérséklet-, nedvesség- és szélesebség gradiens méréseket is folytatott. Ezek az adatok lehetővé tették a turbulens diffúziós, ill. az energiaháztartás módszer alkalmazását a vízfelszín és a környező szárazföldi felszín párolgásának korszerű eljárásokkal történő számítását. E vizsgálatok alapján dolgozta ki a Balaton párolgásának számítási modelljét, amit azóta is alkalmaznak a vízügyi szakemberek.



Főosztályvezető a 70-es évek közepén

Az öt éven át tartó Balaton-kutatás során végzett párolgási vizsgálatok alapozták meg későbbi kutatásainak tárgyát, nevezetesen a növényállományok potenciális, optimális és tényleges evapotranszspirációjának, azaz vízigényüknek és vízfogyasztásuknak behatóbb elemzését. A párolgási témakör végig kísérte egész pályafutását.

A Balaton-kutatás egyik „hozádék” volt számára az egyetemi doktori fokozat megszerzése (1960), valamint a *Balaton éghajlata* (szerk.: Béll B., Takács L., 1974.) c. könyv 2. és 3. fejezetének (147–273. old.), valamint közel 25 tudományos közlemény megírása. Ezek közül említésre méltó a levendula állomány mérési adataiból készült tanulmánya, amely az *Acta Agronomica*-ban jelent meg angolul (Is plant growth determined, by internal water balance and turgor in the cells or by external factors? *Acta Agronomica*, Academiae Scientiarum Hungaricae, 1972, Tomus 21, pp. 458–468). A cikk különlenyomatát 22 ország 32 intézetének kutatói kérték meg.

A következő nagy projekt a Fertő tavi kutatás megszerzése és irányítása volt, amit a Győri VIZIG finanszírozott. A mérési és kutatási program végrehajtásához Fer-

törákoson kutatóállomást létesített a tó fölötti épülettel és egy igen részletes mérési-adatgyűjtési programmal. A település szélén pedig a VIZIG obszervatóriumot épített, ami mind a mai napig működik. A közvetlen meteorológiai, sugárzási- és hőháztartás méréseken túlmenően kihelyezésre került a tavon úszó párolásmérő, továbbá evapotranszpiro-méterek a nádállomány vízfogyasztásának (párolgatatásának) folyamatos nyomon követése céljából. Ez a kutatás több mint tíz éven át folyt. A programba a harmadik évtől bekapcsolódott az Osztrák Meteorológiai Intézet is. A több évi vizsgálatok főbb eredményeit az osztrákokkal közös kiadású *Das Klima des Neusiedler Sees* c. német nyelvű könyvben (szerzők: E. Antal, A. Dávid, H. Dobesch, E. Fürst, E. Kozma, F. Kozma. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik – Orsz. Meteorológiai Szolgálat, 1991, pp. 112) adták közre. Kézzel fogható eredmény a Fertő tóra kidolgozott párolgásszámítási módszer, amelyet mért párolgási adatokkal teszteltek. A számítási modellt a VIZIG mind a mai napig használja a Fertő tó napi párolgásának meghatározására.

1962-ben kandidátusi pályázatot nyújtott be a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) Tudományos Minősítő Bizottságához „*Öntözés előrejelzése meteorológiai adatok alapján*” címmel, amit el is fogadtak. A kandidátusi téma kidolgozásához szántóföldi agrometeorológiai kísérletekre és bonyolult mikro-meteorológiai mérések sorozatára (több évre kiterjedően) volt szükség. A Szarvason végzett kísérleti mérésekből származó adatbázis tette számára lehetővé, hogy feltárja az egyes növényfajok vízigényét és vízfogyasztását különböző időjárási viszonyok között. A vizsgálatok végső célja olyan agrometeorológiai előrejelző modellek kidolgozása volt, amelyek lehetővé tették a potenciális evapotranszspirációnak, illetve a különböző növényállományok vízigényének (optimális evapotranszspirációjának), tényleges vízfogyasztásának (aktuális evapotranszspirációjának) naponkénti nyomon követését klímaadatok igénybevételével. Mindhárom párolgási típus meghatározására fizikailag megalapozott számítási módszert dolgozott ki.

A Szarvason létesített agrometeorológiai kutatóállomáson 1963-ban elindította a különböző növényfajok optimális evapotranszspirációjának mérését. Ettől kezdve már nem csak a csapadékellátottságot, hanem a növényzet vízigényét is napról-napra nyomon követhették.

A Szarvason folytatott agrometeorológiai kísérletek és kutatások eredményeként elkészítette (négy évnyi mérési anyagból) „*Az öntözés előrejelzése meteorológiai adatok*

alapján” c. kandidátusi értekezését, amit 1968-ban védett meg summa cum laude minősítéssel. Az értekezésben kidolgozott párolgásszámítási modelleket (PE, ET és optimális ET) számos hazai és külföldi intézményben használják napjainkban is, és több egyetem is beemelte tananyagába. A szarvasi vizsgálatok alapján számos publikáció és doktori disszertáció született az OMSZ Agrometeorológiai Főosztályán dolgozó kutatók tollából is (a főosztály létszáma az 1970-es években 54 fő volt).

Az Antal Emánuel által Szarvason bevezetett közvetlen párolgásmérési módszer (evapotranszspiráció) teljesen új kezdeményezés volt nem csak Magyarországon, hanem többé-kevésbé európai viszonylatban is. Folytatásként Antal Emánuel irányításával az OMSZ Agrometeorológiai Főosztálya az 1970-es években a szarvasihoz hasonló ET kutatóállomást létesített a Szőlészeti és Borászati Kutató Intézet Kecskemét-Katona-telepi kutatóállomásán csemegezőlők ET-jének vizsgálatára, valamint a Kecskeméti Agrometeorológiai Obszervatóriumban a zöldség-növények vízigényének elemzésére, a Gyümölcs- és

Dísznövénytermesztési Kutató Intézet Érd Elvira-majori kutatóállomásán pedig az almaültetvények vízfogyasztásának vizsgálatára. A Keszthelyi Agrártudományi Egyetem kísérleti telepén 1968-ban hozott létre komplex agrometeorológiai kutatóállomást. Itt az elsődleges cél a szántóföldi kultúrák tápanyagellátása (műtrágyázás) és a növényállományok ET-jének vizsgálata volt az időjárási elemek függvényében.

1965-ben az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) felkérésére és pénzügyi támogatásával a Gödöllői Agrártudományi Egyetemen tíz mérőhelyből álló országos ET hálózatot szervezett. A kutatóállomások mindegyike klímaállomásból és

hat különböző növényfajokkal betelepített 4 m²-es kompenzációs evapotranszpiro-méterekből állt. A négy évi megbízásos kutatás legfőbb eredménye volt a tudományosan megalapozott *új országos öntözési norma*, amit miniszteri rendeletben adtak közre. E munka szervezéséért és irányításáért kapta meg Dégen Imrétől, az OVF akkori főigazgatójától a *Vízgazdálkodás Kiváló Dolgozója* c. kitüntetést (1971).

Pályafutása egyik legnagyobb kihívásának tekinti Antal Emánuel az ún. *Konzerv K+F Program*-ot. Mellőzve a részleteket, ez egy nagy volumenű kutatás-fejlesztési szerződés volt az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság (OMFB), a Nyíregyházi Konzervgyár és az OMSZ között, ill. az OMSZ és tíz alvállalkozó kutatóintézet és tanszék között. A gyár vezetését gyakran megoldhatatlan helyzet elé állította az időjárás, ha számottevően eltért az átlagostól. Nevezetesen a meleg, száraz, kedvezőtlen



Miniszteri biztos, mb. elnök 2005-ben

nyár eleji időjárási helyzetekben (a zöldborsó érési időszakában) a gyár termeltetési körzetében gyakran megtörtént, hogy a zöldborsó szinte egyszerre érett be, függetlenül attól, hogy különböző tenyészidejű fajtákról volt szó. Ilyenkor a szerződő gazdaságok szinte egy időben kezdték az aratást és tömegével szállították be a feldolgozandó zöldborsót, amit a gyár kellő feldolgozási kapacitás hiányában nem tudott mind átvenni. Következésképpen a nagy fehérje tartalmú, kicséptelt, zsenge zöldborsó a nyári forróságban 3–4 óra alatt erjedni kezdett a szállító konténerben és konzerválásra alkalmatlanná vált. A beszállított, de romlásnak indult termés át nem vett részét jobb esetben takarmányozásra használták fel, rosszabb esetben a szeméttelre került. Az összes veszteség sokszor a 10 millió Ft-ot is meghaladta. A gyár vezetése fölvetette, hogy a vetést kellene programozni. Itt kapcsolódhatott be az agrometeorológia úgy, hogy ne csak különböző tenyészidejű fajtákat vegyenek figyelembe, hanem az időjárást, a vetésidőt, a talaj és a klímakörzet érést befolyásoló hatását is. Egy jó agrometeorológiai vetésirányító modellel elérhető az érési idő széthúzása, ami által folyamatossá tehető a termés dolgozása.

lesznek az agrometeorológiai termés-modell input adatai. A naponkénti időjárási adatokkal történő modellfuttatás egyre pontosabb termésbecslést ad, ahogy közeledünk a zöldborsó betakarításának időpontjához.

A fent vázolt agrometeorológiai termelés-irányítási mintarendszer kidolgozása volt az ún. *Konzerv Program* alapvető célja. A mintarendszer alkalmazását követően nem volt beszállítási torlódás a gyár előtt. A termelők számára nem kellett megszabni, hogy mikor kezdjék a betakarítást. Mindenki akkor kezdett aratni, amikor a zöldborsó finométer foka (keménységének kívánatos mértéke) elérte a konzervipari elvárást. A jól működő rendszert több hazai konzervgyár is megvette és alkalmazta vonzáskörzetében. A mintarendszer alkalmazásának haszna akkor több tízmillió Ft-ban volt mérhető konzervgyáranként (az 1980-as évek pénzértékén számítva), amit megosztottak a termelő és termeltető partnerek között. Az agrometeorológiai termelésirányító modell zöldborsón kívül paradicsomra, paprikára, zöldbabara, uborkára, konzervipari zöldségfélékre, valamint számocára is kifejlesztésre került. Antal Emánuel elnökhelyettségé történt kinevezése idején az OMSZ, mint országos hatás-



Agrometeorológiai Obszervatórium Martonvásár, Agrometeorológiai Obszervatórium Kecskemét

Az OMFB, a Nyíregyházi Konzervgyár és az OMSZ 1976 őszén rögzítették a kutatás-fejlesztési szerződés tárgyát. E szerint a számítógépes termeltetés irányítási mintarendszernek olyannak kellett lennie, amely kötelező vetéstervet készít minden résztvevő termelő számára. A kidolgozandó modell figyelembe veszi a gazdaságok és a leendő borsótáblák számát, az elvetendő fajtákat, az átlagos éghajlati adatok alapján kiszámított érési időpontot, a várható termésmennyiséget, továbbá a betakarító, a szállító és a feldolgozó kapacitást. Mint látható, sokváltozós függvényről van szó. A vetés befejezése után minden egyes táblára elindítják a termés-előrejelző agrometeorológiai modell futtatását a sokévi átlagos klímadatokkal a vetéstől a betakarítás várható időpontjáig. A kelést követő naptól kezdve azonban már az egyes termőhelyekre vonatkozó *ténylegesen bekövetkező időjárási adatok*

körü szerv, feladatkörét és szervezeti felépítését tekintve jelentős méretű intézmény volt. Feladatkörök alapján öt önálló intézménye működött abban az időben. A szakmai feladatok az egyes intézetek feladatkörébe voltak utalva. A felső vezetést ésszerű munkamegosztás jellemezte. Antal Emánuelhez tartozott a Központi Léggörfizikai Intézet felügyelete, a Tudományos Tanács, a kutatási tervek, a pályázati feladatok összefogása és ellenőrzése, valamint az OMSZ Lakás Bizottságának elnöklése is.

Elnökhelyettesi beosztásával járó irányítói feladatait örömmel és készségesen végezte 1988-ig. Ettől kezdve sok fejfájást okozott neki az ország romló gazdasági helyzetéből eredő megszorítások sorozata, majd számos olyan működési terület leépítése, amelynek létrehozatala éppen az említett felső vezetői munkálkodásának idejére

esett, ill. eredménye volt. Fájdalmas volt a jégeső elhárító rendszer felszámolása, az agrometeorológiai kutatások leépítése, a pestszentlőrinci nagy számítóközpont megszüntetése, a kutatói létszám drasztikus leépítése, majd az operatív létszám csökkentése, köztük a hálózati megfigyelő rendszer zsugorítása. Utólag is nagy elismerésnek tekinti, hogy munkatársai vezetőként elfogadták és becsülték. Emberi hozzáállásával ezt igyekezett is mindig kiemelni. Számára a hivatalos elismerések sem maradtak el, amelyeket inkább időrendi, mintsem értékrendi sorrendben említünk.

A Balaton és a Fertő tavi kutatások, a szarvasi projekt, az OVF ET hálózat eredményezte az OMSZ *Kiváló Dolgozó* (1970), az OMSZ *Kiváló Munkáért* (1975), majd a *Munka Érdemrend Ezüst*-, illetve *Arany fokozatát* (1978, 1984) és a *Vízgazdálkodás Kiváló Dolgozója* (1968) kitüntetések. Agrometeorológiai kutatói életútjáért *Berényi Dénes Díjat* (1993), *Konzerv K+F Program innovációs munkájáért Állami Díjat* (ma *Széchenyi Díj*, 1988), az „Ármentesítés éghajlatmódosító hatása” c. tanulmányáért *Vitális Sándor Irodalmi Nívódíjat* (1999), iskolateremtő munkásságáért a környezetvédelmi minisztertől a *Schenzl Guidó Díjat* (1998), miniszteri biztосként végzett munkájáért és szakmai, oktatói életművéért a Magyar Köztársaság Elnökétől a Magyar Köztársasági Érdemrend Tiszti keresztjé magas kitüntetést kapta.

Más szervezetekkel való eredményes együttműködése bizonyítéka a honvédelmi miniszter által adományozott *I. osztályú Honvédelemért Kitüntető Cím* (2005). Ez utóbbi elismerés azt a törekvését is méltányolta, amit 2005-ben miniszteri biztосként fejtett ki az OMSZ és a HM Meteo-

rológiai Szolgálat közötti együttműködés műszaki feltételeinek újjászervezése érdekében.

Szakmai ismeretek terjesztésének igénye motiválta oktatói tevékenységét is, amire elsőként a *Gödöllői Agrár-*

tudományi Egyetemen nyílt lehetősége, ahol a *Vízgazdálkodási Tanszéken* kezdett tanítani az 1970-es évek elejétől. Kezdetben posztgraduális képzés keretében szakmérnöki diplomát szerzők számára oktatta az agro- és hidrometeorológiát, valamint a statisztikai klimatológiát. Az elmúlt évtizedben pedig nappali tagozatos hallgatóknak adott elő. Az egyetemen végzett munkássága elismeréseként 1980-ban címzetes egyetemi docens, 1985-ben pedig címzetes egyetemi tanári kinevezést kapott. A gödöllőin kívül más egyetemeken is bekapcsolódott az oktatási munkákba, főleg óraadói tevékenységgel, egyetemi doktori, ill. PhD konzulensként, továbbá államvizsga (záróvizsga) bizottságokban tagként vagy elnökként való aktív részvétellel. A tudományos közéletben is aktívan tevékenykedett. Ez kezdetben a Magyar Meteorológiai Társaság (MMT) rendezvényeire irányult (előadások), majd fokozatosan kiterjedt más egyletek (*Hidrológiai Társaság, Földrajzi Társaság, Agrártudományi Egyesület* – ezeknek tagja is lett) rendezvényeire, kutatói munkája pedig elvezetett a Magyar Tudományos Akadémia



Agrometeorológiai Observatórium Szarvas (1974),



Mérőkert a szarvasi observatóriumban, a 30 méteres profilmérő torony lábánál 20 m²-es párolgásmérő kád (1974),

(MTA) berkeibe is. Előbb az *MTA Meteorológiai Tudományos Bizottsága* (MTB) munkájában vett részt, majd évtizedeken át a *Hidrológiai Bizottság*, valamint a *Mezőgazdasági Vízgazdálkodási Bizottság* tagjaként nyílt lehetősége tudományos közéleti szereplésre. Az MTB-n belül működő *Agrometeorológiai Albizottságnak* két cikluson át elnöke volt, az MMT-ben pedig társelnök és a

Választmány tagja. Két cikluson át választott doktor képviselője az *MTA Közgyűlésének*. Tudományos látókörét tovább bővíthette abban a több mint két évtizedes periódusban, amikor tagja volt az *MTA Tudományos Minősítő Bizottságán* belül működő *Földrajzi és Meteorológiai Szakbizottságnak*.



Agrometeorológiai Kutató Állomás Keszthely (1976), Nyíregyházi Agrometeorológiai Obszervatórium és Meteorológiai Főállomás (1981)



ben a hidrológiai részt *dr. Starosolszky Ödön*, a Vízgazdálkodási Kutató Intézet akkori igazgatója írta.

Szerkesztői, lektori, opponensi tevékenységei közül kiemelendőnek tartja szerkesztőbizottsági tagságát az *IDŐJÁRÁS*-ban (1977-től napjainkig), valamint az

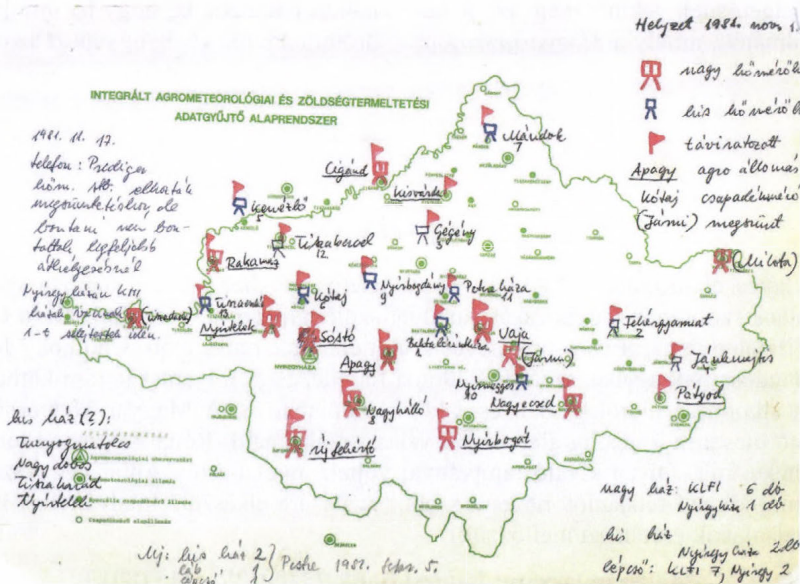
Közeleti szereplésének jelentős állomása volt többek között az *OTKA Élettelen Természettudományi Szakbizottságban* (Földrajzi és Meteorológiai Szakbizottság) betöltött tagsága két választási cikluson át (1993–1999), majd a szakbizottságok munkáját összefogó *OTKA Természettudományi Kollégiumában* (2000–2004) nyílt lehetősége bizottsági tagként rálátni az országos kutatási pályázatok témaköreire, támogatásuk rendszerére.

Nemzetközi tekintést tett lehetővé közel 25 éven át (1968–1992) a *Meteorológiai Világszervezet* (WMO) *Hidrológiai Bizottságában* (WMO CHy) betöltött tagsága. Ezzel egyidejűleg a WMO Regional Association VI keretében működő hidrológiai bizottságban több ízben szakértőként tevékenykedett. A Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium *Világkonferenciára* tanulmánykötetet (*Climate Change in*

Agricultural and Forest Meteorology (Elsevier Scientific Publ. Co., Amsterdam) c. nemzetközi agrometeorológiai tudományos folyóiratban (1976–1989).

1981 januárjától volt az OMSZ tudományos elnökhelyettese. Egy rövid idejű (1990–1991) megbízott elnöki beosztást követően újból elnökhelyettesként folytatta tevékenységét, s 1992-ben nyugdíjba vonult. Ezt követően 1992–1994 között a környezetvédelmi miniszter,

dr. Gyurkó János szaktanácsadója OMSZ ügyekben. Hasonló feladatot kapott 2005-ben, amikor az OMSZ felügyeletét ellátó környezetvédelmi és vízügyi miniszter, *dr. Persányi Miklós* felkérte *miniszteri biztosként és megbízott elnökként* az OMSZ-ban jelentkező szakmai és gazdasági gondok megoldására. Feladata volt a Szolgálat ésszerű szervezeti rendjének kidolgozása és végelnök kinevezésének ill. a meteorológiai zása. Ezen feladatok közötti időszakban



Munkatérkép a konzerv hálózat állomásaival 1981-ben

rehajtásának előkészítése, a leendő elnökök kinevezésének szakmai és ügyrendi előkészítése, ill. a meteorológiai törvény szakmai alapjának kidolgozása. Ezen feladatok ellátására 2005 januárja és augusztusa közötti időszakban

került sor. A feladat végrehajtásáért, valamint 50 éves szakmai életművéért a Magyar Köztársaság Elnöke a Magyar Köztársasági Érdemrend Tisztikeresztje kitüntetést adományozta 2005. augusztus 20-án.

A kutatás terén nyugdíjasként is feladatokat vállalt. Ezek közül legnagyobb odaadással a dr. Somogyi Sándor (MTA Földrajz-kutató Intézet) témafelelős irányításával végzett OTKA feladatban vett részt. A téma címe: *A XIX. században végzett folyószabályozások és árvízmentesítések természeti, gazdasági és társadalmi következményei*. Ezen belül témája a folyószabályozások hazai éghajlati következményeinek feltárása volt. A témában több pub-

ezredfordulón; *Stratégiai tanulmányok a Magyar Tudományos Akadémián* c. sorozatban jelent meg 1999-ben *A víz légköri forgalmának hazai kérdőjelei a globális éghajlatváltozás tükrében* címmel. Nyugállományban közel 30 tanulmányt és könyvrészletet írt, ami jelzi, hogy kutatóként sem állt le. Pályafutása során 153 tanulmányt, könyvfejezetet, egyetemi jegyzetet és népszerűsítő cikket tett közzé.

Az előzőekben bepillantást nyerhetett az olvasó Antal professzor mozgalmas és szerteágazó életútjába. Számkra is érdekes volt a 80 esztendő történéseire visszatekinteni. A felsorakoztatott események, tevékenységi



Születésnap köszöntés 2011, az ünnepi torta à la Mód Lajosné



likációja jelent meg. Ezek közül kiemelkedő *A Tisza szabályozásának éghajlat módosító szerepe* c. munka (*Vízügyi Közlemények*, LXXIX. évf., 1997, I. füzet, 26–47). Ez a cikk érdemelte ki a *Vitális Sándor Nívódíjat*.

Nyugdíjas éveiben jelentősnek tekinti még azt a nagyobb terjedelmű tanulmányt, amely a *Magyarország az*

körök bősége egyrészt a sok évtizednek, másrészt az állandó tenni akarásának volt köszönhető. Mérlegelve élete történéseit, az erőfeszítéseket, a kudarcokat, a sikereket és a szakmai elismeréseket, különösebb latolgatás nélkül jelentette ki, hogy ha újra kellene kezdenie életét, örömmel járná végig ugyanezt az utat.

FELHÍVÁS

Azzal a tiszteletteljes kéréssel fordulunk Önökhöz, hogy lehetőségeikhez mérten, támogassák CHOLNOKY JENŐ (1870-1950) földrajztudós szobrának létrehozását, amelyet szülővárosában, Veszprémben, a Cholnoky városrészben kívánunk felállítani. Tisztelegve ezzel városunk neves szülöttének életműve előtt. Cholnoky Jenő a magyar földrajztudomány legnagyobb tudósainak egyike, számos földrajzi felfedezés és folyamat leírása köthető nevéhez. A geográfán kívül maradandót alkotott a hidrológiában és a klimatológiában is. A Magyar Meteorológiai Társaság alapító tagja. Az MMT alakuló ülésén a Társaság alelnökévé választották, majd (Róna Zsigmond lemondása után) 1939 és 1943 között annak elnöke volt. Olyan kiváló tanítványai voltak, mint Réthly Antal vagy Száva-Kováts József. Az alábbi bankszámlaszámra érkező felajánlók nevét a szobor avatására elkészülő kiadványban is közzétesszük (természetesen a névtelen felajánlások esetén ezt mellőzzük).

Bankszámlaszám: Kinizsi Bank 73200127 – 11318019
(Cholnoky Jenő Iskolai Alapítvány elkülönített számlája a szoborállításra)

Kérdésére választ kap a Cholnoky Jenő Általános Iskolában telefonon 06-88-560-080 vagy villanypostán: cholnoky@gmail.com, illetve Rybár Olivértől villanypostán: rybar.oliver@gmail.com.

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

NEWS OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SOCIETY

Németh Ákos

Magyar Meteorológiai Társaság, 1024 Budapest, Kitaibel P. u. 1., nemeth.a@met.hu

Rendezvényeink 2012. január 1. és március 31. között
Our programmes between 1 January and 31 March 2012

Január 12.

Az Éghajlati Szakosztály rendezvénye

Előadó: **Szépszó Gabriella**. Téma: A modern klímakutatás dilemmája: A sok valóban több?

Március 6.

A Nap- és Szélenergia Szakosztály rendezvénye

Előadó: **Nagy Zoltán** és **Pálffy Miklós**. Téma: Globálsugárzás adatok megbízhatóságának vizsgálata – „Dimming or brightening?”; valamint: A fotovillamos napenergiahasznosítás helyzetképe

Március 7.

A Repülésmeteorológiai Szakosztály rendezvénye.

Előadó: **Hadobács Katalin**. Téma: A repülésre veszélyes időjárási helyzetek rekonstrukciójának alkalmazási lehetőségei — Felületi jegesedés becslése és a hozzá tartozó szimulációs környezet kialakítása.

Március 8.

Az Éghajlati Szakosztály rendezvénye

Előadó: **Lakatos Mónika**, **Babolcsai György**, **Bálint Gábor** és **Szalai József**. Téma: A 2011. év klimatológiai szempontból – átlagok és szélsőségek – A 2011. év időjárási érdekességeiről – makroszinoptikus jellegzetességek, ve-

szélyes időjárási helyzetek - Vízfolyások és állóvizek vízjárása 2011-ben – A talajvízháztartás alakulása 2011-ben.

Az MMT Választmánya **2012. március 22-én** tartotta meg soron következő ülését. A Választmány megtárgyalta:

- az MMT XXXIV. Vándorgyűlése és a VII. Erdő és Klíma Konferencia pénzügyi tervét, majd határozatot hozott a rendezvény programjairól.
- a soron következő Közgyűlés helyszínét és időpontját. A Közgyűlést az MMT elnöke és főtárgya 2012. május 10-re, az OMSZ földszinti Dísztermébe hívja össze.
- az MMT díjak odaítélésére javaslatot tevő bizottságok ajánlásait. A díjak átadására a Közgyűlésen kerül sor.
- a legutóbbi Közgyűlés óta tagságra jelentkező személyek felvételét. A Választmány határozatával az MMT tagja lett: Csirmaz Kálmán, Kovács Attila, Hágén András, Németh Ádám Tamás, Sipos Krisztián, Kiss Krisztián és Horváth Barna.
- a Társaság 2013 tavaszán orvosemeteorológiai konferenciát szervez. A rendezvénnyel emlékezünk az 50 évvel ezelőtt (1963 májusában) megrendezett I. Orvosemeteorológiai Konferenciára, illetve Örményi Imre orvosemeteorológus halálának 10. évfordulójára.

KISLEXIKON

POCKET ENCYCLOPAEDIA

Folytatás a 23. oldalról

nyári nap amikor a maximumhőmérséklet eléri, vagy meghaladja a 25 Celsius fokot. (*Zsikla Á.: A 2011 évi balatoni és velencei-tavi viharjelzési szezonról*)

posztfrontális az időjárási front áthaladását követő jelenségek jelzője. (*Zsikla Á.: A 2011 évi balatoni és velencei-tavi viharjelzési szezonról*)

potenciális evapotranspiráció, *evapotraszspiráció* a növényállománnyal borított talajfelszín párolgása korlátlan vízellátás esetén. A szabad vízfelszín párolgása potenciális. (*Dr. Antal Emánuel 80 éves*)

SSI <róv., ang.>, *Showalter Stability Index*, labilitási index. A szinoptikus gyakorlatban a heves zivatarok kialakulási valószínűségének meghatározására használt mérőszám. Értékét a

$$SI = T_{500} - T_{p500}$$

formula határozza meg, ahol T illetve Tp az 500 hPa-os nyomási szinten mért illetve a száraz adiabatikusan a 850 hPa nyomási szintről a kondenzációs szintjére majd onnan nedves adiabatikusan az 500 hPa-os szintre felemelt légrétegszeke hőmérséklete. (*Zsikla Á.: A 2011 évi balatoni és velencei-tavi viharjelzési szezonról*)

tényleges evapotranspiráció, *evapotraszspiráció* a növényállománnyal borított talaj párolgása valós körülmények között. (*Dr. Antal Emánuel 80 éves*)

2011/2012 TELÉNEK IDŐJÁRÁSA

WEATHER OF WINTER 2011/2012

Móring Andrea

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., moring.a@met.hu

December. Az átlagosnál melegebbnek bizonyult a hónap, országsszerte javarészt 2 °C fölött volt a középhőmérséklet. 7 nap kivételével az országos átlagban vett napi középhőmérséklet magasabb volt, mint a sokéves átlag. A legmelegebb nap az 5-e volt, több mint 8,5 °C-kal, +8 °C-kal meghaladva a sokévi átlagot. Ugyanezen a napon markáns hidegfront érkezett, mely hatására mintegy 6 °C-ot esett a hőmérséklet másnapra.

A küszöbnapok száma is a szokásosnál enyhébb decemberre utal. Fagyos napból 18-at számoltunk, 3-mal kevesebbet a sokévi átlagnál, zord napunk nem volt, pedig ilyenkor általában már 2 elő szokott fordulni, és téli napból is kevesebb volt, összesen 3 az átlagos 7 helyett.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

17,5 °C, Máza (Baranya) december 4.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-15,6 °C, Baja Csávoly (Bács-Kiskun) december 21.

A 2011. év legtöbb hónapjával ellentétben a december viszonylag bőséges csapadékot hozott, az értékek 10 és 130 mm között mozogtak. A legkisebb értékek (25 mm alattiak) az Észak-Dunántúlon jelentkeztek, ahol a határhoz közeledve a szokásos csapadékmennyiség fele, sőt negyede sem hullott le. Arányaiban a legcsapadékosabb az északkeleti országrész volt (80 mm fölötti értékekkel) meghaladva a kétszeres csapadékhozamot is.

13 csapadékos napot, a szokásosnál 2-vel többet számoltunk. Az átlagnál enyhébb időjárás miatt az átlagos 5 helyett 3 napon volt jellemző havazás. 16-án Parád Óhuta állomásunkon 40 mm-es csapadékösszeget mértünk, mellyel megdőlt a napi csapadékrekord.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

114,6 mm, Kárász (Baranya megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

12,2 mm, Fertőrákos (Győr-Moson-Sopron megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

40,0 mm, Parád Óhuta (Heves megye), december 16

Január. Szinte hazánk egész területén enyhébbnek bizonyult a január a szokásosnál, a csekély kivételt csak a Bükk és a Mátra képviselte, de a hőmérsékleti anomália itt sem esett -1 °C alá. A hónap elején a napi középhőmérséklet országos átlaga a 4 °C-ot is meghaladta, melyet általában a tavasz beköszöntével, március elején figyelhetünk meg először az évben. A hónapban két lehülési időszakot tapasztaltunk. Első alkalommal január 13-án érkezett markáns hidegfront, mely átmenetileg véget vetett a tavaszi időjárásnak, majd a 23-án kezdődő lehülési hullámmal

rendkívül zord időjárás köszöntött ránk, mely egészen február közepéig kitartott.

A hideg küszöbnapokból minden esetben kevesebbet számoltunk a szokásosnál: 22 fagyos napot a 25 helyett, 2 zord napot a 4 helyett, és 4 téli napot a 11 helyett.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

14,0 °C, Sellye (Baranya megye), január 2.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-17,3 °C, Zabar (Nógrád megye), január 30.

2011 utolsó hónapjaihoz képest a január csapadékhozama már nem volt szélsőségesen kevés, viszont a sokéves januári átlagot tekintve, az ország nagy részén még mindig kevesebb volt a vártnál. Kivételt csupán az északnyugati országrész jelentett, ahol másfél-kétszeres értékek is megjelentek. Az ország keleti felében jellemző értékek általában meghaladták a sokéves átlagmennyiség felét, viszont a nyugati határszél felé közeledve már csak a szokásos hozamok negyede volt tapasztalható.

Országos átlagban a szokásosnál 2-vel több, összesen 12 csapadékos napunk volt. Ami pedig a csapadék alakját illeti, országos átlagban 6 havas napról számolhatunk be, emellett a 13-i hidegfront viszonylag ritkának számító, graupel záporral érkezett.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

75,2 mm, Diósjenő (Nógrád megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

3,6 mm, Felsőszőlők (Vas megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

23,6 mm, Jánossomorja (Győr-Moson-Sopron megye), január 19

Február. A sokéves átlagos középhőmérsékletnél országsszerte mindenhol jóval hidegebb volt, a legkisebb eltérés is elérte a -3 °C-ot. A havi középhőmérséklet -1 és -9 °C között alakult hazánk területén, és nyugat-kelet irányú, csökkenő tendenciát mutatott. A január végén kezdődő lehülés a hónap közepén a sokéves átlagnál 11-12 °C-kal alacsonyabb napi országos középhőmérsékletet eredményezett. A legnagyobb különbség -13,3 °C volt, melyet a leghidegebb napon – amikor a középhőmérséklet mintegy -12 °C volt –, 10-én figyeltük meg.

A szokásosnál zordabb február mutatója, hogy országos átlagban a hónap 29 napjából mintegy 15 téli nap volt, ami 10-zel több a szokásosnál, 13 zord nap, ami 11-gyel több a szokásosnál, és 25 fagyos nap, ami 5 nappal van a sokéves átlag fölött.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

20,0 °C, Rábagyarmat (Vas megye), február 24.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-26,1 °C, Baja Csávoly (Bács-Kiskun megye), február 9.

Az ország nagyobb részében a sokéves átlagos csapadékmennyiség 75%-ánál nagyobb hozamokat mértünk. Arányaiban a legszárazabb az északkeleti országrész és a Dunántúl nyugati fele volt, itt az értékek a szokásos összeg felét sem érték el. Ezzel ellentétben a délebbi, csapadékosabb régiókban az általában tapasztalt csapadék másfélszerese is jelentkezett.

A csapadékos napok száma 9 volt, mely átlagosnak számít, és ezek közül mindegyik havas nap volt, ami viszont 3 nap többletet jelent a szokásos 6 havas naphoz képest.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

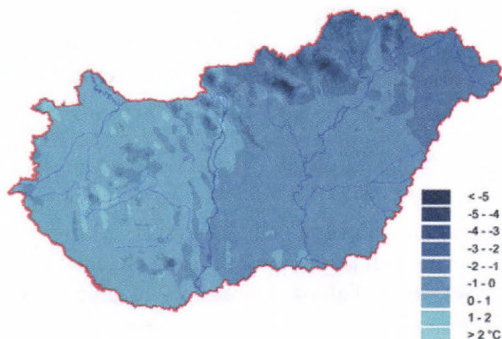
68,2 mm, Battonya (Békés megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

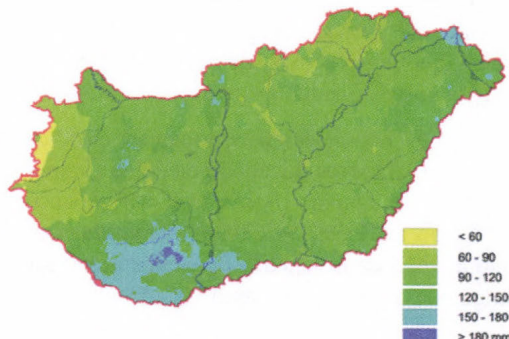
4,3 mm, Gibárt (Borsod-Abaúj-Zemplén megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

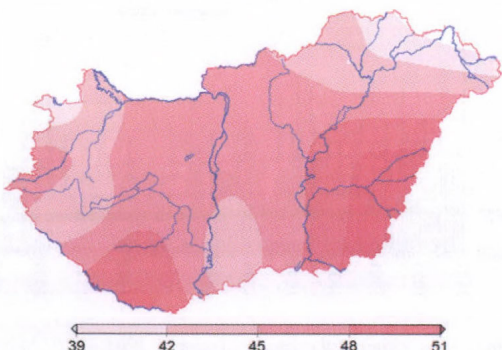
25,7 mm., Ártánd (Hajdú-Bihar megye), február 4.



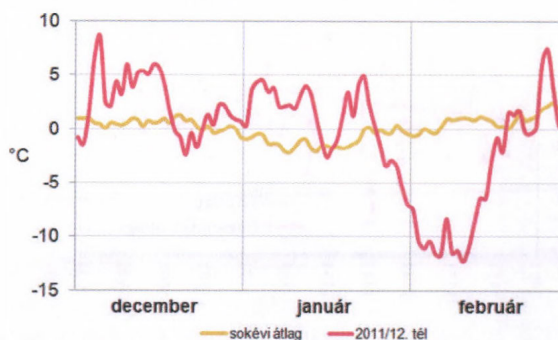
1. ábra: A tél középhőmérséklete



2. ábra: A tél csapadékösszege



3. ábra: A tél globálisugárzás összege (kJ/cm²)



4. ábra: A tél napi középhőmérsékletei és a sokéves átlag (°C)

2011/2012. tél időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés (óra)		Hőmérséklet (°C)						Csapadék (mm)			Szél
	Évsz. össz.	Eltérés	Évsz. közép	Eltérés	Max.	Napja	Min.	Napja	Évsz. össz.	Átlag %-ban	1mm < napok	Viharos napok
Szombathely	264	61	0,6	1,1	18	2012.02.24	-14,4	2012.02.03	61	71	13	13
Nagykanizsa	-	-	0,5	0,5	17,9	2012.02.24	-18,7	2012.02.09	114	89	14	7
Győr	234	-	0,6	-	13,9	2011.12.05	-21,7	2012.02.11	92	90	18	20
Siófok	275	74	0,9	0,7	14,1	2011.12.05	-16,2	2012.02.08	80	69	17	22
Pécs	259	41	0,5	0,3	15,1	2011.12.04	-18,9	2012.02.10	127	110	17	16
Budapest	302	115	0,6	0,6	14,3	2012.02.29	-17	2012.02.06	110	107	20	14
Miskolc	278	131	-1,1	0,5	14	2012.02.24	-17	2012.02.03	88	97	18	12
Kékestető	279	20	-4,4	-0,7	6,1	2011.12.03	-19	2012.02.03	134	83	22	34
Szolnok	244	47	-0,3	0,2	12,4	2011.12.04	-18,3	2012.02.08	77	79	22	-
Szeged	267	68	-0,4	-0,3	14,4	2011.12.04	-23,1	2012.02.10	104	112	21	12
Nyíregyháza	-	-	-1,1	0,2	12,6	2011.12.05	-17	2012.02.03	106	116	22	16
Debrecen	230	48	-0,9	0	11,4	2012.02.25	-17,7	2012.02.10	112	101	19	3
Békéscsaba	249	54	-0,9	-0,4	12,9	2011.12.12	-22,5	2012.02.10	97	84	23	6

A 2011. ÉV IDŐJÁRÁSA

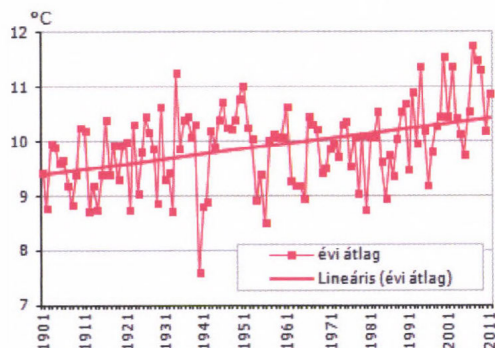
WEATHER OF 2011

Móring Andrea

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., moring.a@met.hu

Bevezetés. A 2010-es rekordcsapadékos év után a 2011-es év ismét rekordot döntött, ezúttal azonban nem a bőséges csapadékkal, hanem épp ellenkezőleg, szélsőségesen száraz időjárásával. Az ellentétes időjárási feltételek közötti átmenet határozta meg a mezőgazdaságot is. Az év elején hazánk még a belvízzel küzdött, melyet tovább súlyosbított a szokásosnál enyhébb január során megindult olvadás. Az egymást követő csapadékszegény hónapokban aztán megoldódtak a belvízproblémák, de a szinte állandó csapadékhiány végül súlyos aszályhoz vezetett.

A 2011-es év hőmérsékleti viszonyairól elsődleges képet ad az 1. ábra. Az éves középhőmérséklet a homogenizált, interpolált adatok alapján $10,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt, melynél csupán 9 év volt melegebb 1901 óta, ezek közül öt ebben az évezredben. Már önmagában ez is sejteti a fokozatos melegedést, és az adatokhoz illesztett lineáris trend ezt megerősíti, hiszen az

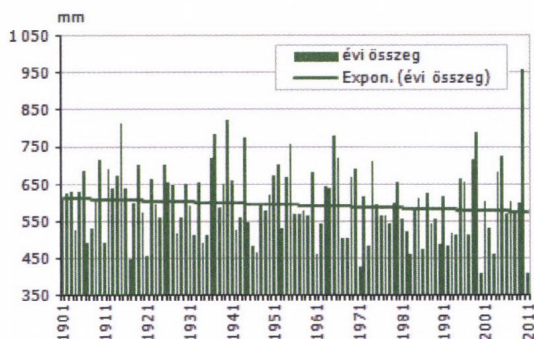


1. ábra: Az országos évi középhőmérsékletek 1901 és 2011 között (15 állomás homogenizált, interpolált adatai alapján)

a május 315 órával – szokatlan másod-maximumot képezve ezzel (3. ábra). A júliusi sokéves átlagnál ezenkívül magasabb volt a június is, a szeptemberi napsütés pedig a júliusi átlaggal szinte azonos szintet ütött meg. Napsütés szempontjából tehát akár azt is mondhatjuk, hogy 2011-ben májustól szeptemberig tartott a nyár.

A napsütéses órák száma hazánk területén általában 1750 és 2050 óra között változik. 2011-ben (4. ábra) a legkisebb értékek is meghaladták a szokásos felső értékhatárt. Az évi maximum a 2500 órát is átlépte, összesen 2504 óra volt, melyet Békéscsabán mértünk. Az érték ezzel a mérések sorában a második helyre került, csupán a 2000-ben, Szarvason mért 2522 óra előzi meg.

Hőmérséklet. A homogenizált, interpolált adatok alapján a 2011-es év hónapjai javarészt az átlagnál melegebbek voltak, kivételt csupán a fagyos február és a télies november



2. ábra: Az országos évi csapadékösszegek 1901 és 2011 között (58 állomás homogenizált, interpolált adatai alapján)

elmúlt 111 évben $+1,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ emelkedést mutat. Ugyanez az elmúlt 30 évre vonatkozóan $+1,19\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nak adódik.

A 2. ábra grafikonján a 2011-es év csapadékösszege szinte eltörpül a 2010-es év kimagasló összege mellett. Az ábrát tüzetesebben szemügyre véve, 2001-ben találkozunk hasonlóan alacsony mennyiséggel, mely még mindig több $1,4\text{ mm}$ -rel a 2011-es értéknél. Ezzel 2011 a mérések kezdete óta a legszárazabb esztendő lett. A 111 év adataihoz exponenciális trendet illesztve nagyon mérsékelt csökkenés jelentkezik, míg ha ugyanezt az elmúlt 30 évhez illesztjük 16% -os növekedés adódik.

Napfénytartam. A 2011-es év 1912 óta a napsütésben leggazdagabb év volt. Országos átlagban mintegy 2319 napsütéses órát élvezhettünk, ami a sokéves átlagnak 120% -a. Utoljára 2003-ban tapasztaltunk ilyen magas értéket, akkor 2282 órát regisztráltunk. A legtöbb napsütés általában júliusban jellemző, az elmúlt évben azonban a maximumot az augusztus képviselte 325 órájával, de nem sokkal maradt el mögötte

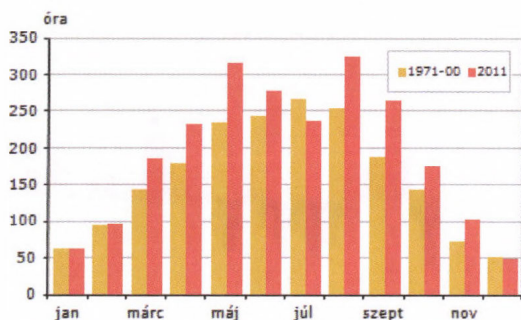
jelentett, előbbinél $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os, utóbbinál közel $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os anomália jelentkezett (5. ábra). Ezenkívül valamivel hűvösebb volt az október is. A legnagyobb pozitív különbséget ($+3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) szeptemberben tapasztaltuk, melynek köszönhetően az elmúlt nyár csak lassan búcsúzott el. A homogenizált, interpolált adatok alapján a hónap ezzel 1901 óta a harmadik legmelegebb szeptember lett. Emellett további két hónapban, áprilisban és augusztusban érte el az anomália a $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os értéket.

Januárban a napi középhőmérséklet országos átlagban a hónap felében, 7-étől 21-éig a sokéves átlag fölött volt (6. ábra). A legmelegebb nap $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os volt, amikor a hőmérséklet a $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot is meghaladta országos átlagban. Egy nappal később megdőlt a napi maximum hőmérsékleti rekord Szombathelyen ($13,6\text{ }^{\circ}\text{C}$).

A február intenzív, mintegy $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os felmelegedéssel kezdődött. Országos átlagban a 6-a volt a legenyhébb, amikor több mint $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os átlaghőmérséklet uralkodott hazánkban.

Ezt követően két hét ingadozás után, 19-én hasonlóan marakans lehülés kezdődött, mely során a középhőmérséklet -5°C közelébe süllyedt. A negatív anomália ezen a napon volt a legnagyobb, közel -7°C (6. ábra).

Március első hetében még télies volt az időjárás, majd a 8-án kezdődő felmelegedéssel lassan beköszöntött a tavasz. A hónap eleje és vége között mintegy 12°C -ot emelkedett a



3. ábra: A napsütéses órák havi összegei 2011-ben és 1971-2000 között

napi középhőmérséklet, mely emelkedést több ízben törték meg lehülési időszakok. A legintenzívebb felmelegedési periódusban (8-15.) egy hét alatt közel 14°C -kal nőtt a hőmérséklet, a legerősebb lehülés során pedig (17-19.) 3 nap alatt 8°C -kal csökkent (6. ábra).

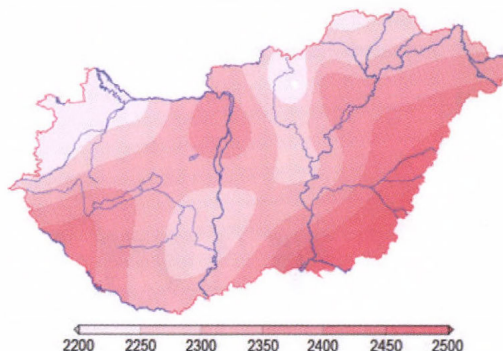
A szeszélyes márciust követően áprilisban már országos átlagban csupán a 13-17. közötti időszakban süllyedt a napi középhőmérséklet a sokéves átlagérték alá (7. ábra) A legmelegebb nap a 7-e volt, és ezen a napon mértük a hónap legmagasabb hőmérsékletét ($28,3^{\circ}\text{C}$) Sopronhorpácon.

Bár hazánk nagy részén a május is melegebb volt a szokásosnál, a hónap elején tapasztalt, szokásosnál hűvösebb periódusban (7. ábra) több napon, többfelé alakult ki talajmenti fagy, emellett 6-án megdőlt a napi jellemző abszolút minimum hőmérséklet rekordja is Zabar állomásunkon ($-4,2^{\circ}\text{C}$). A hónap második felében viszont az értékek javarészt már átlag feletti voltak.

A szokásosnál melegebb hónapok sorát folytatta a június is. Az országos átlagban vett napi középhőmérséklet erősen ingadozott a sokéves átlag körül (7. ábra). A legintenzívebb lehülés 18-áról 19-ére következett be, amikor a hazánk fölött átvonuló hideg front hatására mintegy 8°C -kal esett vissza a hőmérséklet.

3 nappal később tapasztaltuk a hónap legmelegebb napját, ekkor a középhőmérséklet országos átlaga 24°C fölötti volt.

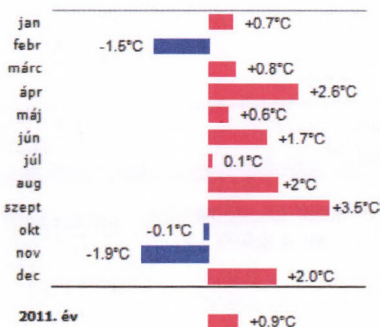
A júliust jelentős hőmérséklet ingadozás kísérte (8. ábra). A hónap elején az átlagosnál hűvösebb időjárás volt jellemző, majd július 2-ától 10-ig mintegy 14°C -ot emelkedett az országos átlagban vett napi középhőmérséklet. A kánikula idején három alkalommal is megdőlt a napi melegrekord, 9-én Pécsen ($37,9^{\circ}\text{C}$), 10-én Túrkevéen ($39,1^{\circ}\text{C}$) és 14-én Pakson ($37,9^{\circ}\text{C}$). Egészen 19-ig melegebb volt a szoká-



4. ábra: A napsütéses órák száma 2011-ben

sosnál, majd ezután egy intenzívebb lehülést követően a hőmérséklet az átlag alá süllyedt, és a hónap végéig alatta is maradt.

Az augusztus első felében országos átlagban a szokásosnál hidegebb, a második felében a szokásosnál melegebb napokat tapasztalhattunk (8. ábra). A leghűvösebb nap a 11-e volt, amikor az erre a napra jellemző minimumhőmérsékleti rekord alá, $5,1^{\circ}\text{C}$ -ra süllyedt a hőmérséklet Nagykanizsán. A kánikula időszakában kétszer is megdőlt a maximumhőmérséklet napi rekordja, 24-én Bugacon ($39,1^{\circ}\text{C}$) és 25-én Baja Csávolyon ($39,2^{\circ}\text{C}$).



5. ábra: Az országos havi középhőmérsékletek eltérése a sokévi (1971-2000-es) átlagtól 2011-ben (15 állomás homogenizált, interpolált adatai alapján)

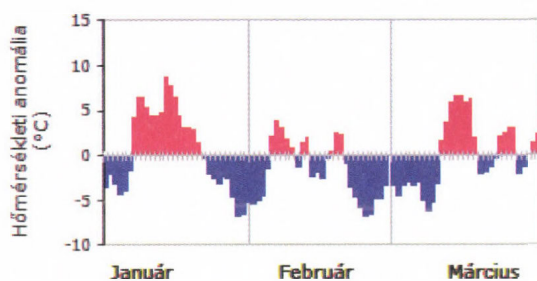
Szeptemberben, a napi középhőmérséklet országos átlagban szinte az egész hónap során a sokéves átlag fölött volt, a legnagyobb eltérés ($+4^{\circ}\text{C}$) az Alföldön jelentkezett. A hőmérséklet csupán 24-én csökkent az átlagig (8. ábra). Az anomália különösen az időszak elején volt nagy, de a hónap végére az eleinte nyári szeptember lassan végül ősziébe fordult. A napi melegrekord két napon is megdőlt, 5-én Túrkevéen ($34,8^{\circ}\text{C}$), majd 11-én Bugacon ($34,9^{\circ}\text{C}$).

Októberben két, a szokásosnál jóval hűvösebb időszakot tapasztalhattunk, 7-10. között, valamint 13-18. között (9. ábra). A 7-i hidegfront végleg véget vetett a vénszszonyok nyarának, a 13-án átvonuló hidegfront pedig az évszakhoz képest szokatlanul erős éjszakai fagyokat hozott. A 13-18. lehülés során négy alkalommal dőlt meg a napi

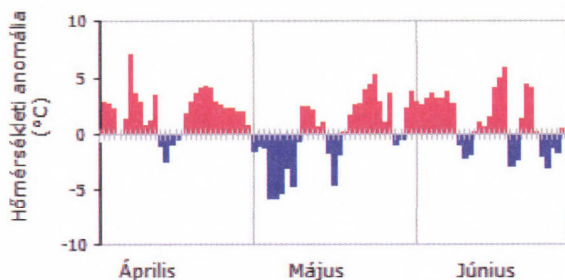
hidegrekord, 15-én és 16-án Zabaron ($-6,4^{\circ}\text{C}$, illetve $-6,8^{\circ}\text{C}$), 17-én Vásárosnaményban ($-8,1^{\circ}\text{C}$) és 18-án Kacson ($-8,7^{\circ}\text{C}$).

Novemberben az országos napi átlaghőmérséklet csupán néhány napon, 4-9. között volt a sokéves átlag fölött, illetve 28-án éppen elérte az átlagot (9. ábra). A leghidegebb nap a 24-e volt $-2,3^{\circ}\text{C}$ -os középhőmérséklettel.

A szokásosnál enyhébb december váltotta a hideg novembert, 7 nap kivételével az országos átlagban vett napi



6. ábra: Napi országos középhőmérsékletek eltérése az (1971-2000) átlagtól - 2011. január, február, március



7. ábra: Napi országos középhőmérsékletek eltérése az (1971-2000) átlagtól - 2011. április, május, június

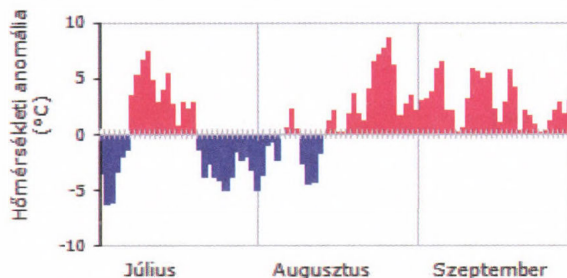
középhőmérséklet magasabb volt, mint a sokéves átlag (9. ábra). A legmelegebb nap az 5-e volt, több mint $8,5^{\circ}\text{C}$ -kal, és ekkor érte el a sokévi átlagtól való eltérés is a maximumát, ami meghaladta a $+8^{\circ}\text{C}$ -ot. Ugyanezen a napon markáns hidegfront érkezett, mely hatására mintegy 6°C -ot esett a hőmérséklet másnapra.

Hazánk éves középhőmérséklete többnyire $6-11^{\circ}\text{C}$ között szokott alakulni, ehhez képest 2011-ben javarészt $7-12^{\circ}\text{C}$ közötti értékek rajzolódtak ki térképünkön (10. ábra). A hőmérséklet eloszlása nem mutatott nagy eltérést a szokásostól: hidegebb, kékes színekkel jelentek meg hűvösebb időjárású hegységeink (8°C alatt), míg az általában legmagasabb hőmérsékletű alföldi vidékeket itt is a legmelegebb tónus jelölte (11°C fölött).

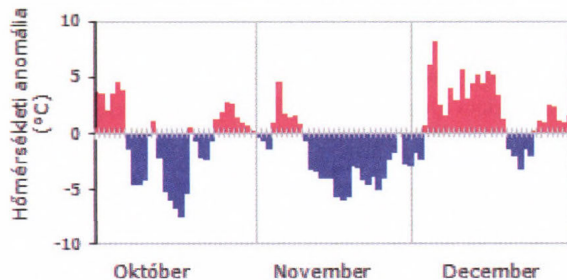
A hőmérsékleti küszöbnapokat illetően elmondható, hogy fagyos napokból ($T_{\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$) 107-et számoltunk országos átlagban, ami 11-gyel több a szokásosnál. A legnagyobb eltérés februárban jelentkezett, ekkor 11 nappal több, összesen 21 fagyos napunk volt. Ezenkívül 3 zord napunk volt ($T_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$) a szokásos 9 helyett és 26 téli napunk ($T_{\max} \leq 0^{\circ}\text{C}$), ami megegyezik a sokéves átlaggal. A meleg küszöbnapok között 98 nyári napot ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) számlál-

tunk, ami 23 nap többletet jelentett a szokásoshoz képest. Szeptemberben tapasztaltuk a legnagyobb különbséget, ekkor a szokásos 8 helyett mintegy 19 nyári nap fordult elő. Hősejnapunk ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) általában 20 szokott lenni, 2011-ben ehhez képest 32 volt. Végezetül forró napot ($T_{\max} \geq 35^{\circ}\text{C}$) 4 alkalommal kellett elviselnünk, ami 3-mal több a szokásosnál.

Csapadék. Szélsőségesen száraz évről tanúskodnak a 11. ábra értékei. Nem csak az év, hanem a július és decem-



8. ábra: Napi országos középhőmérsékletek eltérése az (1971-2000) átlagtól - 2011. július, augusztus, szeptember

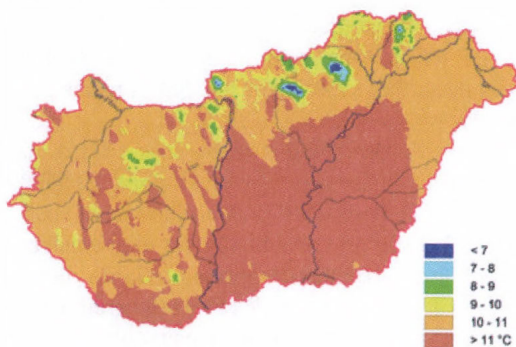


9. ábra: Napi országos középhőmérsékletek eltérése az (1971-2000) átlagtól - 2011. október, november, december

ber kivételével minden hónap csapadékdeficitet mutatott. A legszembeszökőbb a novemberi 1%-os érték, amikor is országos átlagban az egész havi csapadékösszeg csupán 0,4 mm volt. Ezzel a november az elmúlt 111 év legszárazabb novembere lett. Az eddigi novemberi szárazsági rekordot az 1924-es 9 mm-es csapadék tartotta. Ezzel együtt az ősz csapadékhozama a második legkisebb lett a mérések kezdete óta. A júliusi és decemberi viszonylag jelentős csapadéktöbblet csak némileg enyhítette a csapadékhiányt, a 2011-es évet 28%-os csapadékhiánnyal zártuk. A homogenizált, interpolált adatok alapján országos átlagban 407,4 mm csapadék hullott, mely a legalacsonyabb értéknek számít 1901 óta.

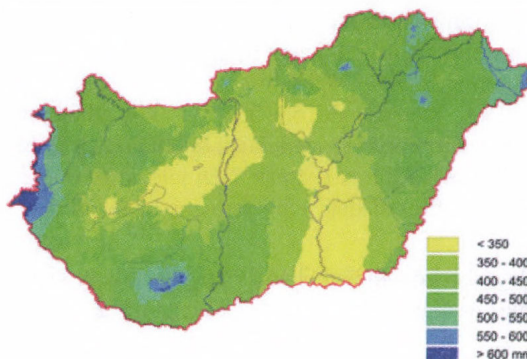
Az éves csapadékösszeg hazánk területén 500-800 mm között szokott alakulni, 2011-ben viszont többnyire 350-600 mm csapadék hullott (12. ábra). A legtöbb csapadék az Alpok aljára jutott, de kisebb foltokban a Mecsekben, illetve a Tiszántúlon is megjelentek nedvesebb időjárású területek. A legszárazabb az ország középső régiója volt, a legalacsonyabb éves csapadékhozamot, 251 mm-t Tordas állomásunkon mértünk. Ennél alacsonyabb éves összegeket 1901 óta csupán a 2000-es szárazság során, illetve 1961-ben jegyeztünk fel.

Az év első hónapjában szinte az egész ország területén kevesebb csapadék hullott a szokásosnál, a Dunántúlon az értékek a sokéves átlag felét sem érték el. Országos átlagban kiemelkedő csapadékösszeg csak 19-én volt jellemző.



12. ábra: A 2011. évi csapadékösszeg (177 állomás homogenizált, interpolált adatai alapján)

hullott le, helyenként még a negyedét sem regisztráltuk. A bőséges csapadékú régiókban (pl. Borsod-Abaúj-Zemplén megye területe) viszont a csapadékösszeg az átlagérték kétszeresét is megközelítette.



12. ábra: A 2011. évi csapadékösszeg (177 állomás homogenizált, interpolált adatai alapján)

A február általában a legszárazabb hónap az évben, de a 2011-es február még a szokásosnál is szárazabbnak bizonyult. Somogy megye északi részében a sokéves átlag 10%-ánál is alacsonyabb csapadékösszeg volt jellemző. Csupán egy napon, 24-én hullott említésre méltó mennyiségű csapadék, országos átlagban 4 mm.

Márciusban a legszárazabb terület a Dunántúl nyugat-délnyugati része volt, ahol a lehullott csapadék a sokéves átlag 50%-át sem érte el. A hónap során két csapadékosabb időszak jelentkezett, március 16-19. között és 26-27. között.

Az ország túlnyomó része szárazabb volt a szokásosnál áprilisban is. Arányaiban a legnagyobb különbség a Duna-Tisza között és az Alföld délkeleti részén volt jellemző, ahol a sokéves átlagmennyiség negyede sem hullott le. Kimagaslóan csapadékos nap nem volt a hónapban, az értékek csupán három alkalommal, 4-én, 12-én és 25-én haladták meg a 3 mm-t országos átlagban.

Az ország nagy része májusban is szárazabb volt a szokásosnál, a Dunántúlon a szokásos érték negyedénél kisebb mennyiség is előfordult. Országos átlagban kiemelkedően sok csapadék május 15-én hullott (kb. 11 mm), de az átlagnál csapadékosabb volt az 1-je, a 7-e és a 8-a is. Utóbbi két napon Kékestető állomásunkról hózáporról kaptunk jelentést.

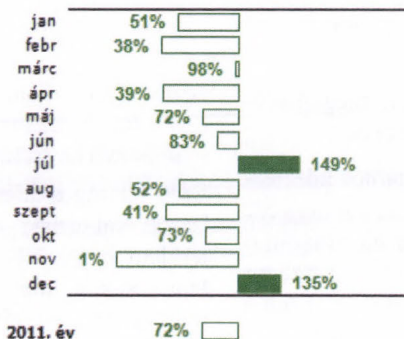
Júniusban a legszárazabb a Balaton környéke, illetve a délkeleti országrész volt. A csapadékban szegény vidéken nagy területen a szokásos havi mennyiség fele sem

Júliusban míg a Dunántúlon a 100 mm fölötti csapadékösszegek 2-3-szoros mennyiséget képviseltek, a Tiszántúlon a helyenként 180 mm-t is meghaladó csapadékhozamok a szokásos érték 4-szeresét is megközelítették. 19-én, 20-án, 28-án és 29-én az országos átlagban vett csapadékösszeg a 10 mm-t is meghaladta. Mind a négy napon kaptunk jelentést 40 mm-t megközelítő vagy azt meghaladó csapadékösszegekről.

A csapadék területi eloszlása meglehetősen szélsőséges volt augusztusban. A Duna-Tisza között a csapadékösszegek a szokásos mennyiség 25%-át sem érték el, míg az északnyugati országrészben, másfélszeres, kétszeres mennyiségek is megjelentek. Országos átlagban jelentősebb mennyiségű csapadék 4-én hullott. Ekkor a nagy mennyiségű csapadék a Dunántúl nyugati felét érintette, Villány állomásunkon, ahol 114,4 mm-t mértünk, a napi csapadékösszeg rekordja is megdőlt.

Szeptemberben a legszárazabb vidék az északi országrész volt, itt a sokéves havi csapadékhozamnak kevesebb mint 5%-a hullott le. Több nógrádi és heves megyei állomásunkon egyáltalán nem regisztráltunk csapadékot a hónapban, az ország területén regisztrált összegek pedig jellemzően nem érték el a szokásos mennyiség felét sem. Említésre méltó csapadék csupán három napon hullott, 1-jén, 5-én és 19-én.

Októberben az ország nagyobb részén csapadékhiány jelentkezett. Kimagasló mennyiségű (8 mm körüli) csapadék 7-én és 20-án volt jellemző, mindkét esetben átvonuló fron-



11. ábra: Havi csapadékösszegek 2011-ben az 1971-2000-es normál százalékában (58 állomás homogenizált, interpolált adatai alapján)

tokhoz kapcsolódóan. A hónapban esett le az első hó. Október 15-én kaptunk jelentést először havazásról kékestetői állomásunkról.

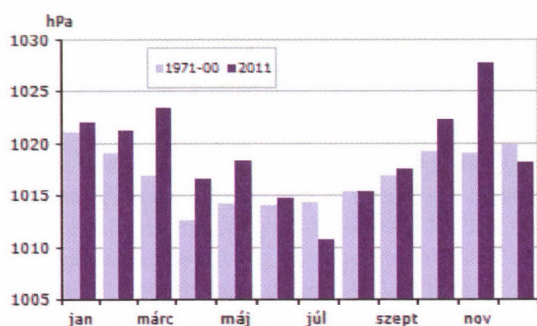
Mint a fentiekben olvasható volt, a november csapadék-összege országos átlagban a legalacsonyabb volt 1901 óta. A legtöbb állomás csapadéka az 1 mm-t sem érte el. A szárazságban szinte oázisként jelent meg Újfehértó állomásunk a maximumnak számító, 4,4 mm-es havi összegével, emellett hasonlóan szerény, de országos viszonylatban mégis kimagasló, 4 mm körüli csapadéknak örvendhetek Baranya megye keleti részében is. Csupán 7-én jelentkezett értékelhető mennyiségű csapadék, ami országos átlagban 0,1 mm volt.

Az év legtöbb hónapjával ellentétben a december viszonylag bőséges csapadékot hozott. Arányaiban a legcsapadéko-

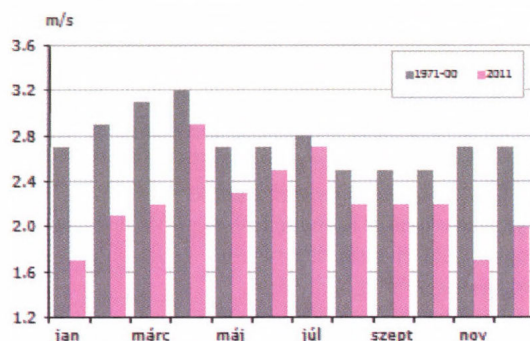
($r \geq 0,1$ mm), ami 22-vel kevesebb a szokásosnál. Kirívó volt a novemberben mélypontja, amikor országos átlagban egyetlen napról beszélhettünk csapadékos napként, holott általában 10 ilyen nap szokott előfordulni.

A mezőgazdaság szempontjából mérvadó, 5 mm-nél nagyobb csapadékösszeget 12-vel kevesebb alkalommal, összesen 27 napon tapasztaltunk. Ebből a küszöbnapból a július és december kivételével minden hónapban kevesebb fordult elő.

Légnyomás. A havi átlagos légnyomás értékek alapján a nagytérsegi nyomási képződmények gyakoriságára következtethetünk. A Pestszentlőrincen mért, novemberi magas nyomás (13. ábra) arra az anticiklonra utal, amelynek hatására megdőlt a novemberi szárazsági rekord, illetve amely több napon át tartó szmogriadós helyzetet eredményezett. A szokásoshoz képest szintén jóval nagyobb értékek jelent-



13. ábra: A tengerszintű légnyomás havi átlagai Budapest-Pestszentlőrincen 2011-ben



14. ábra: A szélsebesség havi átlagai Budapest-Pestszentlőrincen 2011-ben

sabb az északkeleti országrész volt, helyenként megközelítve a szokásos csapadékhozam két és félszeresét is.

Ezzel szemben az Észak-Dunántúlon, a határhoz közeledve a sokéves átlagos csapadékmennyiség fele, sőt negyede sem hullott le. Meghatározó mennyiségű csapadék országos átlagban 8 napon hullott, a legnagyobb összeg - országos viszonylatban mintegy 16 mm - 16-án jelentkezett. Ezen a napon Parád Óhuta állomásunkon 40 mm-es összeget mérünk, mellyel megdőlt a napi csapadékrekord.

A csapadékos küszöbnapok is a szokásosnál szárazabb időjárásról tanúskodnak, minden határérték esetén kevesebb napot számláltunk az 1971-2000-es átlaghoz képest. Országos átlagban mindössze 93 napon regisztráltunk csapadékot

keztek márciusban is. A július alacsony nyomási értéke ezzel szemben intenzív ciklontevékenységre utal, mely a számottevő havi csapadékösszegben is tetten érhető volt.

Szél. Országos átlagban a szélsebesség évi átlagai 2-4 m/s között változnak, ez alapján hazánk mérsékelt szel területnek minősül. Pestszentlőrinci állomásunkon 2011-ben a sokévi átlagos menethez hasonlóan az április bizonyult a legszelesebbnek az évben, másodikként a július emelkedett ki (14. ábra). Az 1971-2000-es normálhoz képest mindegyik hónap értéke alacsonyabb volt, az őszi és téli hónapok jóval alamaradtak az ilyenkor szokásoshoz képest. A legnagyobb különbségek és egyben a legalacsonyabb átlagos szélsebességek januárban, illetve novemberben jelentkeztek.

I. táblázat: Az Országos Meteorológiai Szolgálat mérései szerint a 2011-es év szélsőségei, a mérés helye és ideje

Elem	Érték	Mérés helye	Mérés ideje
A legmagasabb mért hőmérséklet	39,2 °C	Baja Csávoly	augusztus 25.
A legalacsonyabb mért hőmérséklet	-18,7 °C	Vásárosnamény, Zabar	január 29.
A legnagyobb évi csapadékösszeg	756 mm	Kercaszomor	
A legkisebb évi csapadékösszeg	251 mm	Tordas	
A legnagyobb 24 órás csapadékösszeg	114 mm	Villány	augusztus 4.
A legvastagabb hótakaró	63 cm	Mátraszentimre	február 4.
A legnagyobb évi napfényösszeg	2504 óra	Békéscsaba	
A legkisebb évi napfényösszeg	2198 óra	Kékestető	

TÖRTÉNELMI ARCKÉPEK

HISTORICAL PORTRAITS

Varga Miklós

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1525 Budapest, Pf. 38., varga.miklos@met.hu

FRÖHLICH IZIDOR

Pest, 1853. jan. 23 – Budapest, 1931. jan. 24.



Fröhlich Izidor magyar elméleti fizikus, egyetemi tanár; Fröhlich Róbert (1844–1894) református lelkész, archeológus, akadémikus öccse, Eötvös Lóránd munkatársa.

1880-tól a Magyar Tudományos Akadémia levelező, 1891-től rendes, majd 1920-tól igazgatósági tagja volt.

1870-ben beiratkozott a Budapesti Tudományegyetemre, majd 1874-ben Berlinbe utazott ösztöndíjjal, ahol az egyetemen Hermann Ludwig von Helmholtz és Gustav Robert Kirchhoff német fizikusok mellett munkálkodott. 1875-ben szerzett doktori fokozatot. 1876-ban az elméleti fizika magántanára lett, majd 1878-tól a Budapesti Tudományegyetemen működött, mint rendkívüli tanár Eötvös Loránd utódaként. 1885-től nyilvános rendes tanárként kezdett el dolgozni.

Schenzl Guidó Admontba történt visszahívása miatt 1886. július 17-től 1887. július 5-ig az Országos Meteorológiai és Földdelejtességi Intézet megbízott igazgatója volt, Grüber Lajos kinevezéséig.

1911 és 1912 között az egyetem rektoraként is munkálkodott. Az elektrodinamika ágazatával, majd az elhajlított fény polárosságának kísérleti és elméleti vizsgálatával foglalkozott. 1928-ban vonult nyugalomba.

A Magyar Tudományos Akadémia nagyjutalmát is elnyerte (1903–1909) a *Vizsgálatok az elhajlított fény polárosságáról* címet viselő munkájáért. A Matematikai és Fizikai Lapokban számos dolgozata jelent meg, amelyekben tájékoztatta a kortárs fizikusokat az elméleti fizika legfrissebb kutatásainak eredményeiről.

L É G K Ö R

57. évfolyam

2012. 2. szám





Dr. Illés Zoltán államtitkár köszöntő beszéde



Ináncsi László ezredes Schenzl Guidó Díjat vett át



Buda István elnökhelyettes Pro Meteorológia emlékérem díjazott



Jákfalvi Mihály debreceni állomásvezető



Dr. Mészáros Róbert egyetemi docens



Varga László osztályvezető



Varga István királyszállási észlelő



Dr. Bonta Imre a világnapi előadás közben

Felelős szerkesztő:

Dunkel Zoltán

a szerkesztőbizottság elnöke

Szerkesztőbizottság:

Bartholy Judit

Bihari Zita olvasó szerkesztő

Haszpra László

Hunkár Márta

Nagy Andrea éghajlati összefoglaló

Sáhó Ágnes technikai szerkesztő

Somfalvi-Tóth Katalin kislexikon

Szudár Béla

Tóth Róbert

ISSN 0 133-3666

A kiadásért felel:

Dunkel Zoltán

az OMSZ elnöke

Készült:

HM Térképészeti Nonprofit Kft.

nyomdájában

800 példányban

Megjelent: 2012. december

Felelős vezető:

Németh László

üv. igazgató

Évi előfizetési díja 1760 Ft

Megrendelhető az OMSZ

Pénzügyi és Számviteli Osztályán

1525 Budapest Pf. 38.

E-mail: legkor@met.hu

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT ÉS A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

CÍMLAPON: *A tavasz hirnökei*

A 2012. évi Meteorológiai Világnap képei, Kellermayer Csilla46

Bartha Lajos: Konkoly Thege Miklós Ógyalla-Hurbanovó díszpolgára48

TANULMÁNYOK

Gulyás Krisztina, Somfalvi-Tóth Katalin, Kolláth Kornél: A tapadó hó statisztikus-klimatológiai viszonyai hazánkban.....49

Ács Ferenc, Szabó László, Jávor Csongor: A csupasz talaj felszíni hőmérsékletének érzékenysége a talaj sugárzási és termikus tulajdonságainak változásaira55

Gaál Nikolett: Hidegcseppek vizsgálata Európa térségében az ECMWF ERA Interim reanalízis alapján.....61

Kocsis Tímea, Jakusch Pál, Szabó Bence: Keszthelyen mért napfénytartam adatok elemzése az 1968 és 1999 közötti időszakban68

Kósa-Kiss Attila: Zivatarok – villámcsapások és tanulságok73

KRÓNIKA

Sáhó Ágnes: Meteorológiai Világnap 201277

Bonta Imre: Bodolainé Jakus Emma búcsúztatása 2012. június 29-én a kelenföldi Szent Gellért Plébánia ravatalozójában80

KÖZLEMÉNYEK

Somfalvi-Tóth Katalin: Kislexikon.....81

Pusztainé Holczer Magdolna: Közhasznúsági jelentés a Magyar Meteorológiai Társaság 2011. évi tevékenységéről82

Nagy Andrea: 2012. tavaszának időjárása83

Varga Miklós: Történelmi arcképek – Kurländer Ignác,87

LIST OF CONTENTS

COVER PAGE: *The heralds of the spring*

Photos of World Meteorological Day 2012 – Csilla Kellermayer46

Lajos Bartha: Miklós Konkoly Thege, the honorary citizen of Ógyalla-Hurbanovó48

STUDIES

Krisztina Gulyás, Katalin Somfalvi-Tóth, Kornél Kolláth: Statistical Examination of wet Snow Accretion in Hungary.....49

Ferenc Ács, László Szabó, Csongor Jávor: The Sensitivity of the Surface Temperature of The Bare Soil onto the changes of the Radiant and Thermal Characteristics of the Soil55

Nikolett Gaál: Study of the cold Drop Based on ECMWF's ERA Interim in Europe61

Tímea Kocsis, Pál Jakus, Bence Szabó: Analysis of the Sunshine Duration Data between 1968 and 1999 at Keszthely68

Attila Kósa-Kiss: Thunderstorms – Lightning Striks and Lessons73

CHRONICLE

Ágnes Sáhó: World Meteorological Day 201277

Imre Bonta: Memory of Emma Bodolainé Jakus80

COMMUNICATIONS

Katalin Somfalvi-Tóth: Pocket Encyclopaedia81

Magdolna Pusztainé Holczer: Non-profit organisation's report of MMT's 2011 activity82

Andrea Nagy: Weather of Spring 201283

Miklós Varga: Historical Portraits: Ignác Kurländer87

KONKOLY THEGE MIKLÓS ÓGYALLA-HURBANOVÓ DISZPOLGÁRA

Bartha Lajos

A Magyar Csillagászati Egyesület tiszteleti tagja, arbar@t-online.hu

Ógyalla - Hurbanovó városa máig nagy tiszteletben tartja Konkoly Thege Miklós emlékét. Nemrégén avatták fel a városközponti terén Konkoly szobrát, emlékének és munkásságának ápolására alakult a szlovákiai Konkoly Thege Társaság. Most újabb szép jelét adta a város vezetősége a tudós iránti megbecsülésének. 2012. június 29-én dr. Konkoly Thege Miklóst (1842-1916), az ógyallai (ma hurbanovói) Csillagvizsgáló alapítóját, a M. kir. Országos Meteorológiai Intézet igazgatóját (és európai színvonalra fejlesztőjét), országgyűlési képviselőt, a fotóművészet korai és a zeneművészet tehetséges művelőjét posztumusz díszpolgárra választotta és Pro Urbe emlékéremmel tüntette ki. Konkoly Thege Miklóst a helység azért is kiemelten tiszteli, mert az általa létesített Asztrofizikai Observatórium és az általa ajándékozott telken felépült, a maga korában világviszonylatban is nagyszabásúnak számító Meteorológiai és Geofizikai Observatórium révén az akkori község fejlesztéséhez nagymértékben hozzá járult. 110 évvel ezelőtt a megyében fekvő, 1500 holdnál nagyobb birtokát az államkincstárnak ajándékozta, a helyi mezőgazdaság fejlesztése érdekében. A díszoklevelet JUDr. Margita Zemková polgármester asszony adta át, a Mgr. Druga Lászlónak, a szlovákiai Konkoly Thege Miklós Társaság ügyvezetőjének (aki azt a Konkoly Thege család ma élő tagjainak felkérésére vette át).



*A Konkoly Thege Miklós által alapított observatórium napjainkban.
Dombai Ferenc felvétele*

Mi pedig nagy örömmel és őszinte megbecsüléssel üdvözljük a város közösségét, a nagy tudós máig élő tiszteletéért.

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

A LÉGKÖR célja a meteorológia tárgykörébe tartozó kutatási eredmények, szakmai beszámolók, időjárási események leírásának közlése. A lap elfogad publikálásra szakmai úti beszámolót, időjárási eseményt bemutató fényképet, könyvismertetést is.

A kéziratokat a szerkesztőbizottság lektoráltatja. A lektor nevét a szerzőkkel nem közöljük. Közlésre szánt anyagokat kizárólag elektronikus formában fogadunk el. Az anyagokat a legkor@met.hu címre kérjük beküldeni Word-fájlban. A beküldött szöveg ne tartalmazzon semmiféle speciális formázást. Amennyiben a közlésre szánt szöveghez ábra is tartozik, azokat egyenként kérjük beküldeni, lehetőleg vektoros formában. Az ideális méret 2 MB. Külön Word-fájlban kérjük megadni az ábraaláírásokat. A közlésre szánt táblázatokat akár Word-, akár Excel-fájlban szintén egyenként kérjük megadni. Amennyiben a szerzőnek egyéni elképzelése van a nyomtatásra kerülő közlemény felépítéséről, akkor szívesen fogadunk PDF-fájlt is, de csak PDF-fájllal nem foglalkozunk.

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

A TAPADÓ HÓ STATISZTIKUS-KLIMATOLÓGIAI VISZONYAI HAZÁNKBAN

STATISTICAL EXAMINATION OF WET SNOW ACCRETION IN HUNGARY

Gulyás Krisztina¹, Somfalvi-Tóth Katalin², Kolláth Kornél²

¹ELTE-TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1518 Budapest, Pf. 32., gulyas.christina@gmail.com

²Országos Meteorológiai Szolgálat, 1525 Budapest, Pf.38. toth.k@met.hu; kollath.k@met.hu

Összefoglaló: Hazánkban jelentős károkat okozhatnak a különböző típusú jeges lerakódások, így a nedves tapadó hó is. Éghajlati viszonyainknak köszönhetően viszonylag gyakran fordul elő ez a jelenség, de csak ritkán okoz kiterjedt károkat, azonban az utóbbi években 1-1 emlékeztető esemény ismét rávilágított a jelenség fontosságára. Célunk, hogy minél pontosabb képet kapjunk ennek a légköri jegesedési típusnak a jellegzetességeiről, ezért az egyes tapadó havas lerakódások időjárási helyzetektől való függését, és azok gyakoriságát vizsgáltuk meg Péczy-féle makroszinoptikus osztályozást alkalmazva.

Abstract: Due to the climate of Hungary wide range of atmospheric icing can occur in winter. In this study only one type of icing, the so called wet snow is examined from statistical-climatological point of view. Wet snow formation is a relatively frequent phenomenon in our country and sometimes extended damages can occur too. That fact highlights the importance of investigation of climatological background, e.g. the circumstances of formation, the relative frequency of occurrence, and its dependence on macrosynoptical situations based on Péczy-classification.

Bevezetés. A téli félévben igen gyakran jelentkező nedves tapadó hó pontos definíció szerint: a hópelyhek részleges olvadásával kialakuló, a tereptárgyakon igen jól megtapadó jegesedési típus, melynek két formája a vizes tapadó hó és a fagyott tapadó hó. A felsővezetésekre tapadt hó olyan mértékű teher-többletet jelenthet, mely során a villamosvezetékek elszakadhatnak, ill. teljes oszlopok dőlhetnek ki. Települések maradhatnak így áram nélkül, a helyreállítási munkálatok pedig nem kevés költséget és időt igényelnek. A probléma orvoslására az EON és az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ)munkatársai szorosabb együttműködés kialakítására törekedtek a tapadó hó kérdéskörével kapcsolatban.

Az OMSZ-nál vizsgálatok folynak e jegesedési típus kialakulási körülményeinek minél pontosabb megismerésére. Az elmúlt években a magyarországi zúzmamamérő rendszer által regisztrált tapadó havas felhalmozódások statisztikus klimatológiai elemzésével megismerhetjük azok egyes időjárási helyzetektől való függését. Ehhez a Péczy-féle makroszinoptikus osztályozás jól alkalmazható, amely tizenhárom kategória alapján jellemzi hazánk időjárási helyzetét. A statisztikai vizsgálatok eredményeiből a lehetséges veszély mértékéről, és a fokozottabban veszélyeztetett területekről nyerhetünk információt.

Nemcsak az áramszolgáltatónak okoz gondot ez a jelenség, hanem a hazai erdőkben is egyre több téli kár kerül feljegyzésre. Több publikáció is található a hazai erdőket fenyegető veszélyes időjárási jelenségekről, amiben kiemelten szerepelnek a téli félévben jelentkező veszélyek (Hirka *et al.*, 2008, Hirka *et al.*, 2010).

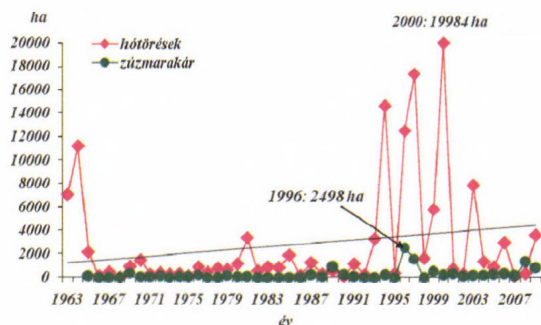
Vizsgálatainkhoz ezért az Erdővédelmi Figyelő-Jelzőszolgálati Rendszer adatai is igen hasznosnak bizonyultak, mivel 1962 óta regisztrálják a különböző meteorológiai jelenségek okozta problémákat, beleértve a havazás által bekövetkezett károkat is.

Cél, hogy a bekövetkezett tapadó hó által eredményezett károk elemzésével olyan információt kapjunk, amivel a jövőben pontosabb előrejelzések, veszélyjelzések, döntési eljárások készülhetnek, s ezek hatékonyabb fellépést biztosítanak a károk mérséklése, az emberi élet, ill. anyagi javak védelme érdekében.

Téli károk a hazai erdőkben. A magyarországi erdőségek összterülete 18900 km² (1.890.000 ha) a 2009-es adatok alapján. Az erdőtelepítéseknek, és a hazai erdők védelme érdekében hozott intézkedéseknek köszönhetően lassan növekszik erdőségeink területe. A téli félévben jelentkező hó-, jég-, zúzmarateher időről időre károkat, problémákat okoz.

Az ERTI (Erdészeti Tudományos Intézet) Erdővédelmi Osztálya 1962 óta minden évben készít erdővédelmi helyzetjelentést, amely a komplex Erdővédelmi Figyelő-Jelzőszolgálati Rendszer adataira támaszkodva az elmúlt évi károsításokat összegzi, valamint prognózist készít a következő évben várható károkról is (Hirka *et al.*, 2010). Vizsgálataik során azt az eredményt kapták, hogy az időjárás következményeként fellépő károk (abiotikus károk) növekvő tendenciát mutatnak. Ezen károk kialakulásában a tapadó havas lerakódás is szerepet játszott, így figyelmesebben néztük meg a hótörések és zúzmarakárok éves gyakoriságát.

Az 1963-2009-ig terjedő időszakban a hótörések okozta károk évente átlagosan 2801 ha területet fedtek le, ehhez képest az időszak utolsó harmadában lényegesen több kár fordult elő. Példaként a 2000-es év telén 19984 ha-on, 1997-ben 17332 ha-on, 1994-ben pedig 14576 ha-on történt hótörés okozta károkozás. Az átlagos 239 ha



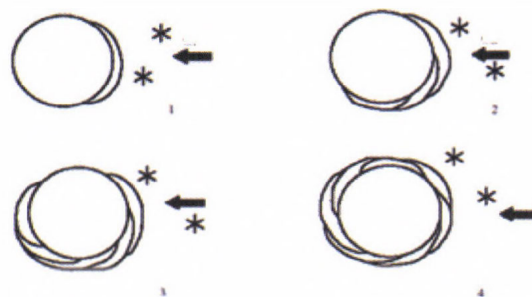
1. ábra: A Magyarországon regisztrált hótörések és zúzmarakárok (Hirka et al., 2010)

zúzmarakárhoz képest pedig 1996-ban volt magas, 2498 ha-os a pusztítás. A Magyarországon regisztrált téli károk összesítését az 1. ábra mutatja. A feltüntetett időszak utolsó harmadában jelentős mértékű növekedés volt tapasztalható és, hogy mindkét általunk vizsgált kategória esetén (hótörés, zúzm kialakult károk a tapadó hó következményeként léptek-e fel, hiszen nem részletezett, hogy milyen arányban lehetett a szél és a hőteher a felelős a károkért, amit "hótörés" címszó alatt jegyezték le. Ha valóban tapadó hó lépett fel, akkor megvizsgáljuk, hogy mekkora lehetett ennek a mennyisége, és milyen volt az aktuális időjárási helyzet. Ahhoz, hogy erre választ kapjunk meg kell ismernünk, hogy milyen gyakorisággal, és mennyiségben fordul elő Magyarországon tapadó hó.

Fizikai háttér. A tapadó hó kialakulásához bizonyos időjárási elemek együttes fennállása szükséges. A hőmérséklet vertikális rétegződése meghatározó. A magasban, negatív hőmérséklet mellett a hópelyhekben nincs, vagy nagyon kicsi a folyékony víztartalom (liquid-water content LWC), viszont a felszín felé haladva, pozitív hőmérsékleti tartományban a hópelyhek részlegesen megolvadt állapotba kerülnek, felületükön filmszerű vizes réteg keletkezik. A hópelyhekben ekkor egyre nagyobb lesz a LWC arány, ami lehetővé teszi, hogy a tereptárgyakon a hópelyhek megtapadjanak. Azonban ha túlságosan megnőne a víztartalom, akkor a tereptárgyra rakódó hó lecsúszna, lefolyna annak felszínéről. Tapadás szempontjából felső határnak tekinthető, ha a hópelyhekben a szilárd rész közel 60% és a folyékony rész 40%. Ha ennél nagyobb a folyékony halmazállapotú rész aránya, egyszerűen lefolyik a felületről (Farzaneh, 2008).

Egy elektromos távvezeték esetében, az erős adhéziós erőnek köszönhetően a hópelyhek a felsővezetéken

körsszimmetrikusan jelennek meg. A szimmetrikus lerakódást nagyban befolyásolja a szél, aminek erőssége kulcsfontosságú. A szél sebessége egyenes arányban van a felhalmozódás ütemével. Minél erősebb a szél, annál nagyobb a hópelyhek fluxusa, de 15 m/s-ot meghaladó szélsebességnél egyszerűen lefújja a havat a vezetékről. A szél



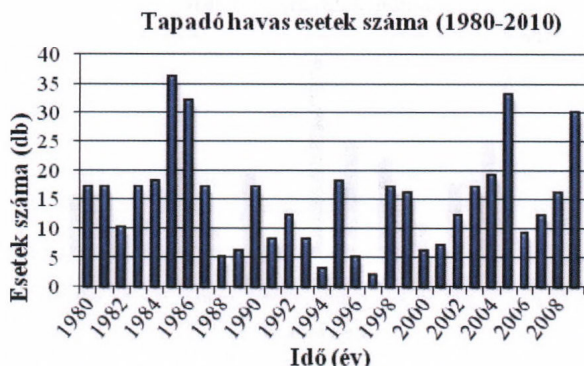
2. ábra: A szimmetrikusan felhalmozódó tapadó hó egy távvezetéken (Dobesch et al., 2005)

további hatása, hogy az általa kifejtett aerodinamikai erő egyensúlyt tart a gravitációval (Wakahama et al., 1977). A folyamat megértését demonstrálja a 2. ábra, melyen a szimmetrikus felhalmozódás sematikus rajza látható.

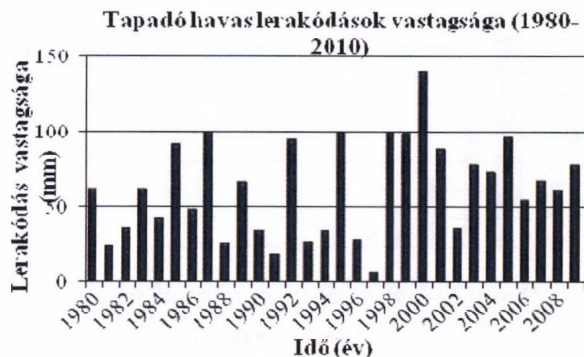
Felhasznált adatok. A tapadó hó jellemzésére leginkább a zúzmara megfigyeléseket alkalmazzuk. Az erre vonatkozó vizsgálatokhoz az OMSZ adatbázisából vett napi zúzmaramérési adatokat használtuk fel, az 1980-2010-es időszakból. Ezen adatok közül is azokat az eseteket válogattuk ki, amikor tapadó hóként regisztrált (16-os és 32-es kód) értékeket találtunk. A magyarországi zúzmaramérés Csomor Mihály (1966) nevéhez fűződik (Csomor et al., 1975). A zúzmaramérő műszer 4 db 31 mm átmérőjű 1 m hosszú távvezeték mintadarabból áll. Ebből 2 észak-dél, 2 kelet-nyugat irányban áll merőlegesen a felszíntől számítva 2 m-es magasságban, olyan helyen, ahol a légáramlás akadálytalanul éri. Ha megfigyelhető a vezetékeken szilárd bevonat, akkor megméri a toló mércével annak vastagságát. Azt a helyet, ahol a lerakódás vastagsága a legnagyobb, maximális lerakódásnak nevezzük. Ezt az értéket használtuk fel vizsgálatainkhoz. Az 1980-2010 között naponta kódolt Péczely-féle makroszínoptikus osztályozás adatsorait is felhasználtuk, az időjárási helyzetektől való függés megismeréséhez. A minden nap lejegyzett Péczely-kódokat ezúton is köszönjük Károssy Csabának (Nyugat-Magyarországi Egyetem).

Tapadó hó gyakorisága Magyarországon. Kutatásunkban kulcsfontosságú kérdés, hogy Magyarországon rendszeresen visszatérő jelenség-e a tapadó hó? Ennek érdekében megnéztük, hogy az 1980-2010 közötti téli időszakban (október 1.-től március 31.-ig) milyen gyakorisággal fordult elő. A 3. ábra mutatja a regisztrált tapadó havas lerakódások eseteinek számát [db]. Ekkor tekintettel kell lennünk arra, hogy ugyanazon a napon, de különböző helyszíneken mért lerakódásokat ne vegyünk

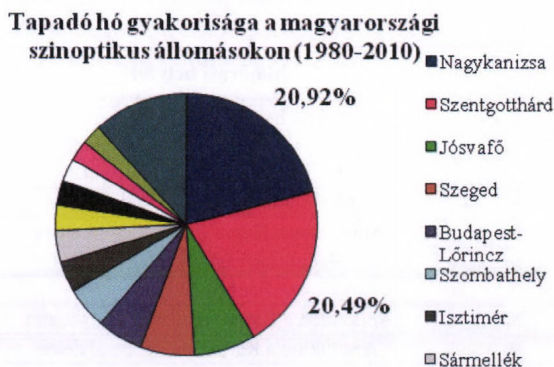
többször számításba. Ennek kiküszöbölése érdekében kizárólag az egzisztenciát vettük figyelembe. Például egy esetben tekintjük azt, hogyha az országban azonos időpontban, de több állomáson is feljegyeztek tapadó havas lerakódást. Összesen 442-szer fordult elő a jelenség, és az eredmények alapján a legtöbb esetszám 1985-ben (36 eset), 2005-ben (33 eset) és 2009-ben (30 eset) történt.



3. ábra: Tapadó havas lerakódások előfordulásának száma [db] Magyarországon 1980-2010 között



4. ábra: A vízszintmérő műszerek vezetékmintájára tapadó hó maximális vastagsága 1980-2010 között



5. ábra: A magyarországi szinoptikus állomásokon regisztrált tapadó hó gyakorisága



6. ábra: Tapadó hó által veszélyeztetett területek az OMSZ és az ERTI adatbázisa alapján

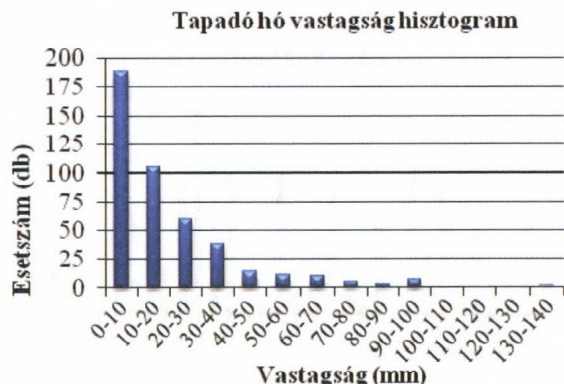
Megnéztük, hogy az adott időszakban hol és mikor fordultak elő a legnagyobb vastagságú lerakódások. A 30 év adatai alapján az egyes években történt lerakódások maximumai láthatóak a 4. ábrán. Kiugróan magas értékek (100 mm körüli, és e feletti érték) 1987-ben, 1995-ben, 1998-ban, 1999-ben, 2000-ben és 2005-ben voltak. Ezek közül a legvastagabb lerakódást 2000-ben (2000. december 30.-án) mérték Szentgotthárdon (139 mm). Ekkora többlet pl. egy távvezetéken igen veszélyes lehet, mivel az érintett térségben szakadások, oszlopkidőlések és áramkimaradások is előfordulhatnak. Ebben az évben történt a legsúlyosabb kár is az erdőségekben, így valószínű, hogy a nedves tapadó hó hozzájárult ennek a kialakulásához. Lényeges kérdés hogy melyek az érintett területek, illetve hogy hol fordul elő gyakrabban ez az

naphoz tartozó, de különböző területeken regisztrált hó felhalmozódást is, azt tapasztaljuk, hogy Szentgotthárdon 143-szor, Nagykanizsán 146-szor fordult elő ez a jelenség, a többi szinoptikus állomáshoz képest 2-szer, 3-szor többször. Emellett a már említett erdészeti adatokban a tájegységenként lejegyzett károsodott területek főként a Zalai-dombságot, Somogyi-dombságot, Belső-Somogy területét, valamint a Duna-Tisza közt jelölik meg. Ezek alapján a déli, délnyugati országrész a legérintettebb. Az 5. ábrán feltüntettük a szinoptikus állomásokon regisztrált esetek relatív gyakoriságát, a 6. ábrán pedig a két adatbázis alapján készített veszélyeztetett területek térképes megjelenítését. Elkészítettük a vastagságok gyakorisági eloszlását is (7. ábra). A vastagságok növekedésével exponenciálisan lecseng a gyakoriság. A 2000-ben

történt eset összesen egyszer fordult elő a 30 év folyamán. Az 1980-2010 közötti időszakra kiválogattuk azt a 10 esetet, amikor a legnagyobb felhalmozódást regisztrálták a zúzmamamérő műszeren. Ezek rangsorát láthatjuk az 1. táblázatban, ahol a bekövetkezés helyét, időpontját és a maximális vastagságát is feltüntettük. Szentgotthárd és

Paks kétszer, míg Nagykanizsa háromszor is szerepel a legvastagabb lerakódások listáján.

Tapadó hó kialakulása az egyes makroszinoptikus helyzetekben. Érdekesnek találtuk megvizsgálni, hogy az egyes tapadó havas lerakódások milyen időjárási helyzetekben alakulnak ki. Ehhez a Péczy-féle osztá-



7. ábra: Megfigyelt tapadó havas lerakódások vastagságainak hisztogramja



8. ábra: Az egyes Péczy-kódokhoz tartozó tapadó havas esetek száma

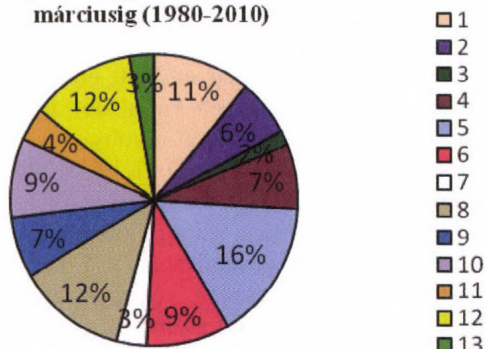
1. táblázat: A 10 legvastagabb tapadó havas lerakódás az elmúlt 30 évben

Rangsor	Város	Időpont	Vastagság (mm)
1.	Szentgotthárd Farkasfa	2000.12.30	139
2.	Budapest-Lőrinc	1999.02.10	99
3.	Nagykanizsa	1996.01.02	99
4.	Isztimér	1988.02.25	99
5.	Paks	1999.12.20	98
6.	Szeged-külterület	2005.12.15	95
7.	Nagykanizsa	1993.02.26	93
8.	Szentgotthárd Farkasfa	1986.01.01	90
9.	Nagykanizsa	2001.12.23	87
10.	Paks	1999.11.20	82

2. táblázat: Péczy-féle makroszinoptikus osztályozás

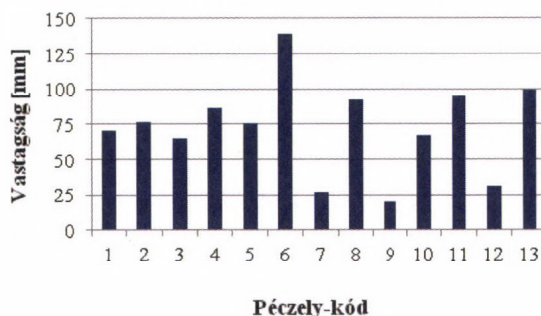
Péczy-kód	Időjárási helyzet
1.	Ciklon hátoldali áramrendszere
2.	Anticiklon a Brit-szigetek felett
3.	Mediterrán ciklon hidegfrontja
4.	Meridionális ciklon melegfrontja
5.	Anticiklon a Kárpát-medencétől keletre
6.	Mediterrán ciklon melegfrontja
7.	Zonális ciklon
8.	Anticiklon a Kárpát-medencétől nyugatra
9.	Anticiklon a Kárpát-medencétől délre
10.	Anticiklon a Kárpát-medencétől északra
11.	Anticiklon a Skandináv-félsziget felett
12.	Anticiklon a Kárpát-medence felett
13.	Ciklon centrum a Kárpát-medence felett

A Péczy kódok gyakorisága októbertől márciusig (1980-2010)



9. ábra: A Péczy-kódok gyakorisága az 1980-2010 közötti téli időszakokban

Tapadó hó maximális vastagsága Péczy-kódok alapján (1980-2010)



10. ábra: Tapadó havas lerakódások maximális vastagsága a Péczy-kódok alapján

lyozást alkalmaztuk. A Péczely-féle makroszinoptikus osztályozás 13 kategóriáját a 2 táblázatban tüntettük fel.

Az egyes helyzetekben előforduló gyakoriságok a táblázat mellett a 8. ábrán láthatóak. Leggyakrabban az 1-es kód (52 esetben), az 5-ös kód (53 esetben), és a 6-os kód (91 esetben) fordult elő. Kiemelkedően sok esetszám tartozik a 6-os kódhoz, az összes esetszám 21%-át teszi ki. Mind a három makroszinoptikus helyzet sok csapadékot hoz, ill. kedvez a téli időszak alatt a köd-, és a zúzmaraképződésnek is. A legalacsonyabb gyakorisággal jellemezhető helyzetek a 3-as, 7-es melyek ugyan ciklonális esetek, azonban kevés csapadékkal, erős lehűléssel és gyakran inverzióval is járnak. Ezen kívül a 9-es, 11-es és a 12-es (anticiklonális esetek) is alacsony gyakorisággal szerepelnek.

Figyelembe kell azonban vennünk, hogy az egyes kódok sem fordulnak elő azonos gyakorisággal. Bizonyos helyzetek többször, mások ritkábban jelentkeznek hazánkban. A 9. ábrán a Péczely-kódok gyakorisága látható az 1980-2010 közötti téli időszakokra, azaz októbertől márciusig.

Az 5-ös (16%), a 8-as (12%), és a 12-es (12%) helyzetek fordultak elő a leggyakrabban, azonban láthattuk, hogy a nedves tapadó hó előfordulása a 6-os kódhoz, tehát mediterrán ciklonhoz kapcsolódik általában. Ez az eredmény az sugallja, hogy a téli időszakban kisebb a mediterrán ciklonok gyakorisága a többi makroszinoptikus helyzethez képest, ugyanakkor ezeknél a ciklonoknál, ha elérik hazánkat, nagyobb valószínűséggel számíthatunk tapadó hó kialakulására.

Hogy megbizonyosodjunk arról, hogy az egyes makroszinoptikus helyzetektől valóban függ-e a tapadó hó előfordulása, statisztikai próbát végeztünk el. A χ^2 próba során a H_0 hipotézis szerint a tapadó hó előfordulása nem függ az egyes Péczely-kódoktól. H_1 hipotézis szerint van összefüggés. A próba alapját képező számítás a következő:

$$n \cdot \sum_{i=1}^{13} \frac{(r_i - p_i)^2}{p_i}$$

r_i : A kódok relatív gyakorisága abban az esetben, ha regisztráltak tapadó havat

p_i : A kódok relatív gyakorisága októbertől márciusig, minden esetben

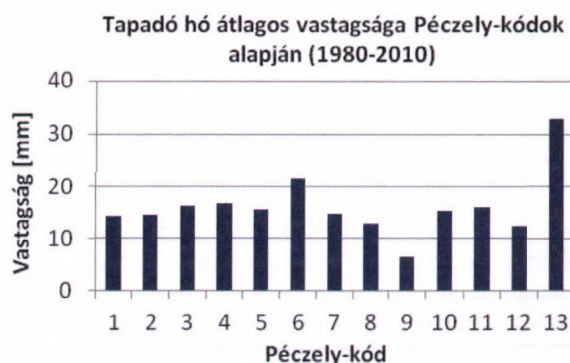
n : Összes tapadó havas eset darabszáma

Elvégezve a fenti összegzést, a kapott eredményt összehasonlítjuk a χ^2 táblázatában lévő kritikus értékekkel. Amennyiben a számított eredmény átlépi a kritikus értékeket, elvetjük H_0 hipotézist. Ha az eredmény nem lépi át a kritikus értékeket, akkor elfogadjuk H_0 -t. A 3. táblázatban az alábbi kritikus értékeket találjuk meg a $\chi^2_{(12)}$, vagyis a 12 szabadsági fokú próba alapján. A kiszámított érték: 155,1 amely a táblázatban szereplő összes kritikus értéket átlépi. Tehát az eredmény alapján elvetjük H_0 hipotézist, és elfo-

gadjuk H_1 -et. Tehát valóban igaz, hogy a tapadó hó előfordulása függ a Péczely-féle makroszinoptikus helyzetektől.

A 10. ábrán az egyes helyzetekben előfordult maximális lerakódásokat ábrázoltuk. Ekkor azt tapasztaljuk, hogy a legvastagabb lerakódás a 6-os kódhoz tartozik (139 mm), de a 4-es, 8-as, 11-es és 13-as kóddal jelölt időjárási helyzetekben is ki tud alakulni igen vastag, 80 mm-t is meghaladó tapadó hó.

A lerakódások vastagsága alapján is végeztünk statisztikai vizsgálatot, melyben arra voltunk kíváncsiak, hogy van-e összefüggés az egyes helyzettypusok, és a felhalmozott hó vastagsága között. Ehhez a vizsgálathoz az ún.



11. ábra: Tapadó hó átlagos vastagsága a Péczely-féle osztályozás alapján (1980-2010)

3. táblázat: $\chi^2_{(12)}$ próba adott szignifikancia szintjeihez tartozó kritikus értékek

Szignifikancia szint (%)	10	20	50	80	90	95	98	99	99,9
Kritikus érték	6,30	7,81	11,34	15,81	18,55	21,03	24,05	26,22	32,91

analysis of variance, azaz varianciaanalízist alkalmaztuk, röviden: ANOVA. A módszer az egyező szórású, normál eloszlású csoportok átlagának összevetésére alkalmas statisztikai eljárás. Adott vizsgálat során a teljes adatmennyiség, mint alaphalmaz össz-szórását, konkrétan összvarianciáját analizálja abból a nézőpontból, hogy a szórásbeli eltérések mögött a véletlen, vagy egy ismert tényező hatása áll-e. A vizsgálat eredménye során kiderült, hogy a 13-as Péczely-típus átlagos vastagsága szignifikánsan eltér a többi típusétól 99%-os szignifikancia szinten. Ez azzal magyarázható, hogy a 13. típus - ciklon centrum - a többi helyzethez képest jelentős csapadékkal bír, ezen kívül egy részét mediterrán ciklonok alkotják. Az átlagos vastagságokat a 11. ábrán láthatjuk, melyen jól kivehető a cikloncentrum típus szignifikáns eltérése. A 13-as kódhoz tartozó eseteket külön is megvizsgáltuk abból a szempontból, hogy honnan érkeztek hazánk fölé. Összesen 28 esetben volt ebben a helyzetben tapadó havas lerakódás. A Napi jelentések alapján ebből 9 alka-

lommal a mediterrán térségből származó ciklonok kerültek a Kárpát-medence fölé, ami az esetek 32%-át teszi ki. Tehát mind a 13-mas, mind a 6-os kódhoz tartozó tapadó havas lerakódások vastagsága szignifikáns a többi típuséhoz képest.

Összefoglalás. A hazánkban előforduló jegesedési típusok közül a tapadó hó igen jelentős károkat okozhat. A jelenség gyakoriságára a Magyarországon regisztrált zúzmara adatokat (ezen belül a nedves és fagyott tapadó hóra vonatkozó adatokat) használtuk fel az 1980-2010-ig terjedő időszakban. Az elmúlt harminc évet tekintve nem tapasztalható trend a gyakoriságok tekintetében, azonban kimutatható hogy a jelenség függ az adott makroszinoptikai helyzettől. A Péczy-féle osztályozást alkalmazva láthattuk, hogy tapadó havat is eredményező időjárási helyzetek legnagyobb számban mediterrán ciklonokhoz kötődnek. Kitüntetett helyzeteknek tekinthetjük a centrumával hazánk felett örvénylő ciklonokat, melyek a többi makroszinoptikus helyzethez képest átlagosan több alkalommal és nagyobb mennyiségű tapadó havat eredményezhet. Ezen kívül megállapíthatjuk, hogy a leginkább veszélyeztetett terület a déli, délnyugati országrész mind az előfordulás valószínűsége, mind a felhalmozódás vastagsága tekintetében.

További vizsgálatok folynak az egyes lerakódások víztartalmával kapcsolatban. Ennek oka, hogy egy távvezeték esetében a felhalmozódott tapadó hó víztartalma meghatározó, a tömeg becslése miatt. További célként szeretnénk, hogy a bekövetkezett tapadó hó okozta károk elemzésével a jövőben pontosabb előrejelzések készüljenek, így biztosítva az anyagi károk mérséklését, valamint az emberi életek és javak védelmét.

Irodalom

- Hirka, A. és Csóka, Gy. 2010: Abiotikus erdőkárok Magyarországon 1961-2009. Erdészeti lapok 145, 246-248
- Hirka, A. és Csóka, Gy.: 2008: Az abiotikus erdőkárok éve. Erdészeti Lapok 143, 12-14
- Dobesch, H., Nikolov, D. és Makkonen, L. 2005: Physical processes, modelling and measuring of icing effects in Europe
- Wakahama, G., Kuroiwa, D., és Goto, K. 1977: Snow accretion on electric wires and its prevention. Journal of Glaciology 19, 479-487
- Csomor, M. 1973: A zúzmara megfigyelése. Léggör, 1975(3), 70-71
- Farzaneh, M. 2008: Atmospheric Icing of Power Networks (ISBN 978-1-4020-8530-7), Springer Science+Media B.V. Kanada

KISLEXIKON POCKET ENCYCLOPAEDIA

Folytatás a 81. oldalról

emisszivitás a valós testek sugárzáskibocsátó-képessége. A Planck-törvény megadja, hogy adott hőmérsékleten és adott hullámhosszon mekkora teljesítménnyel sugároz egy abszolút fekete test. A valós testek sugárzása ugyanazon felszín hőmérséklet esetén ennél kisebb érték. A két érték hányadosa az $\sim$. (Ács F., Szabó L., Jávors Cs.: *A csupasz talaj felszíni hőmérsékletének érzékenysége a talaj sugárzási és termikus tulajdonságainak változásaira*)

ion olyan atom vagy molekula, amelynek elektromos töltése van. Negatív töltésű ion az anion, a pozitív töltésű ion a kation. A folyamatot, amely során ionok keletkeznek, ionizációnak nevezzük. (Kósa-Kiss A.: *Zivatarkok – villámcsapások és tanulságok*)

konceptuális modell a szinoptikus meteorológiában használt módszer. Leírja adott meteorológiai jelenség alapvető jellemzőit, a kormányzó fizikai folyamatokat. Információt nyújt a folyamat életciklusáról, méretéről, intenzitásáról, valamint a jelenséghez kapcsolódó időjárásról. (Bonta I.: *Bodolainé Jakus Emma búcsúztatása 2012. június 29-én a Kelenföldi Szent Gellért plébánia ravatalozójában*)

mezoléptékű konvektív komplexum, mezoskálájú folyamat, amelyhez nagy területen heves zivatartevékenység és intenzív csapadékhullás társul. Meghatározása a felhőtető kiterjedésén és hőmérsékletén alapul. A felhőpajzs hőmérséklete legalább 100 000 km² területen eléri a - 32°C-ot, és legalább 50.000 km² területen a - 52 °C-ot. A felhőpajzs excentricitása nagyobb vagy egyenlő, mint 0,7. (Bonta I.: *Bodolainé Jakus Emma búcsúztatása 2012. június 29-én a Kelenföldi Szent Gellért plébánia ravatalozójában*)

mezoskálájú folyamat időbeli és térbeli kiterjedés alapján meghatározott folyamat. A folyamatok karakterisztikus ideje néhány órától a napos nagyságrendig, karakterisztikus mérete a néhány száz métertől a néhány száz kilométerig terjed. Mezoskálájú folyamatok az egycellás és többcellás zivatarkok, *squall line*-ok (instabilitási vonalak), trópusi ciklonok, hegy-völgyi szél. (Ács F., Szabó L., Jávors Cs.: *A csupasz talaj felszíni hőmérsékletének érzékenysége a talaj sugárzási és termikus tulajdonságainak változásaira*)

Folytatás a 60. oldalón

A CSUPASZ TALAJ FELSZÍNI HŐMÉRSÉKLETÉNEK ÉRZÉKENYSÉGE A TALAJ SUGÁRZÁSI ÉS TERMIKUS TULAJDONSÁGAINAK VÁLTOZÁSÁIRA

THE SENSITIVITY OF THE SURFACE TEMPERATURE OF THE BARE SOIL ONTO THE CHANGES OF THE RADIANT AND THERMAL CHARACTERISTICS OF THE SOIL

Ács Ferenc¹, Szabó László¹ és Jávör Csongor¹

¹ELTE, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék

Összefoglaló. A csupasz talaj felszíni hőmérsékletének (T_{skin}), a talaj sugárzási (albedó és emisszivitás) és termikus (hővezető képesség) tulajdonságainak változásaira való érzékenységet elemeztük. A T_{skin} -t egyszerű, diagnosztikus típusú egyenlet alapján becslöttük különböző talajnedvességi és légrétegződési viszonyokban. Numerikus vizsgálataink alapján a T_{skin} érzékenysége nagyobb a sugárzási, mint a termikus tulajdonságok változásaira. Labilis rétegződésben a T_{skin} albedóra való érzékenysége nagyobb, mint az emisszivitásra való érzékenység, míg a stabilis rétegződésben kisebb. Említsük meg azt is, hogy az emisszivitásra való érzékenység a stabilis rétegződésben nagyobbak mutatkoztak, mint az albedóra való érzékenység a labilis rétegződésben. Vizsgálataink eredményei nem csak a felszín-légkör kölcsönhatás tudományában, hanem a mindennapi meteorológiai gyakorlatban is hasznosíthatók.

Abstract. The bare soil surface temperature (T_{skin}) sensitivity to soil radiation (albedo and emissivity) and thermal (heat conductivity) properties is analyzed. T_{skin} is estimated using a simple diagnostic equation for different soil moisture and stratification conditions. The tests showed that T_{skin} is more sensitive to the changes of radiation than to the changes of thermal properties. In the unstable stratification, the T_{skin} /albedo sensitivity is larger than the T_{skin} /emissivity sensitivity. In spite of this, in the stable stratification it is smaller. It should be mentioned that the T_{skin} /emissivity sensitivity in the stable stratification is larger than the T_{skin} /albedo sensitivity in the unstable stratification. The results can be applied not only in the science of the land-surface/atmospheric interactions but also in the meteorological practice from day to day.

1. Bevezetés. Minden meteorológiai és klimatológiai modell egyik legfontosabb összetevője a felszíni hőmérséklet számítására szolgáló almodell. Manapság már ezen almodellek sokasága áll rendelkezésünkre (Lemon *et al.*, 1971; Goudriaan and Waggoner, 1972; Parton and Logan, 1981). Ezek közül a sémák közül a legegyszerűbbek diagnosztikus, míg az összetettebbek prognosztikus egyenleteket használnak. A prognosztikus egyenleten alapuló sémák (Bhumralkar, 1975; Blackadar, 1976; Noilhan and Mahfouf, 1996) adatigénye nagy, így alkalmazhatóságuk is korlátozottabb. Ezzel szemben a diagnosztikus egyenleten alapuló sémák adatigénye kisebb és alkalmazhatóságuknak inkább az egyenlet fizikai megalapozottsága és ennek következményeként jelentkező jósága szab határt (Jones, 1983). Ennek dacára az ilyen típusú egyenletek alkalmazása mindinkább elterjedőben van, még az összetettebb mezoskálájú modellekben is.

E munka célja egy ilyen egyszerű felszíni hőmérsékleti séma (Sridhar *et al.*, 2002) tesztelése, azaz, e séma érzékenységének vizsgálata a talaj albedójának, emisszivitásának és hővezető-képességének parametrizálásaira, valamint nedvesség-tartalom változásaira. Ilyen típusú összehasonlító vizsgálatokat Magyarországon még nem végeztek (Ács *et al.*, 2012). A sémát Sridhar *et al.* (2002) használta az MM5 mezoskálájú modell (Mesoscale Model 5th Generation) a NOAA-LSM (National Centers for Environmental Prediction-Oregon State University-Air Force-Hydrologic Research Lab-Land Surface Model) almodelljének keretében.

Emeljük ki azonban azt is, hogy az elemzés eredményei nemcsak a mezoskálájú, hanem a mikrometeorológiai modellezésben is hasznosíthatók.

2. Anyag és módszer

2.1 Modell. A $T_{skin}(\theta)$ -t az energiaháztartás egyenletéből határozzuk meg:

$$R_n(\theta) - G(\theta) = H(\theta) + L \cdot E(\theta) \quad (1)$$

ahol $R_n(\theta)$ a sugárzási egyenleg, $G(\theta)$ a talajhőáram, $H(\theta)$ a szenzibilis hőáram és $L \cdot E(\theta)$ a látens hőáram. A szenzibilis hőáram kifejezhető a

$$H(\theta) = \rho_a \cdot C_p \cdot \frac{T_{skin}(\theta) - T_a}{r_a}, \quad (2)$$

formában, ahol ρ_a a levegő sűrűsége, C_p a levegő állandó nyomáson vett fajhője, T_a a z_a szintben levő levegő hőmérséklete és r_a a felszín valamint a z_a szint közötti aerodinamikai ellenállás. Az r_a -at a Monin-Obukhov elmélet alapján parametrizáljuk. Az (1)-es a (2)-es egyenletek kombinálásával kifejezhető a T_{skin} :

$$T_{skin}(\theta) = T_a + \frac{r_a}{\rho_a \cdot C_p} \cdot [R_n(\theta) - G(\theta) - L \cdot E(\theta)], \quad (3)$$

A $T_{skin}(\theta)$ függ tehát az R_n -től, illetve $R_n(\theta)$ -án keresztül az albedótól $[\alpha(\theta)]$ és a talaj emisszivitásától $[\varepsilon_g(\theta)]$:

$$R_n(\theta) = S \cdot [1 - \alpha(\theta)] + \varepsilon_a \cdot \sigma \cdot T_a^4 - \varepsilon_g(\theta) \cdot \sigma \cdot T_{skin}^4(\theta), \quad (4)$$

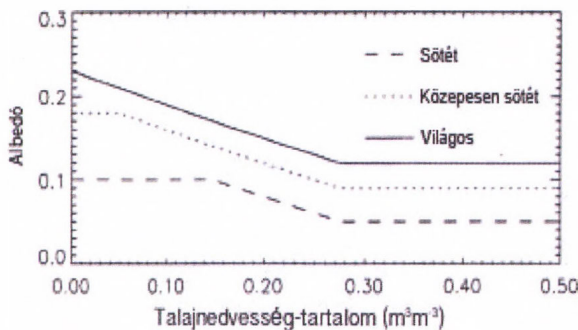
ahol az $S \cdot [1 - \alpha(\theta)]$ az elnyelt sugárzás, az $\varepsilon_a \cdot \sigma \cdot T_a^4$ a légköri visszasugárzás és az $\varepsilon_g(\theta) \cdot \sigma \cdot T_{skin}^4$ a felszíni kisugárzás. S a globálisugárzás, $\alpha(\theta)$ a talajnedvességtől függő albedó, ε_a a levegő emisszivitása, σ a Stefan-Boltzmann állandó [$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$], $\varepsilon_g(\theta)$ a felszín talajnedvességtől függő emisszivitása. Az $\alpha(\theta)$ és az $\varepsilon_g(\theta)$ részletes parametrizálását a következő fejezetben mutatjuk be. A $T_{skin}(\theta)$ függ a $G(\theta)$ -től is. A „force-restore” hőmérséklet előre jelző módszer alapján e függés a következőképpen jellemezhető:

$$G(\theta) = \sqrt{\frac{C \cdot \omega \cdot \lambda(\theta)}{2}} \cdot [T_{skin}(\theta) - T_{deep}], \quad (5)$$

ahol C a talaj hőkapacitása, ω a Föld szögsebessége (forgási sebessége), λ a talaj hővezető-képessége és T_{deep} a talaj 30-40 cm-es rétegében levő hőmérséklete. A $T_{skin}(\theta)$ függ az $L \cdot E(\theta)$ tagtól is. Így

$$L \cdot E(\theta) = \frac{\rho_a \cdot C_p}{\gamma} \cdot \frac{e_s[T_{skin}(\theta)] - e_c}{r_a + r_c}, \quad (6)$$

ahol θ a pszichrometrikus állandó, $e_s[T_{skin}(\theta)]$ a „bőrvékony” felszíni talajréteg hőmérsékletén levő telítési vízgőznyomás, e_a a z_a szintben levő tényleges vízgőznyomás és r_c a csupasz talaj felszíni ellenállása.



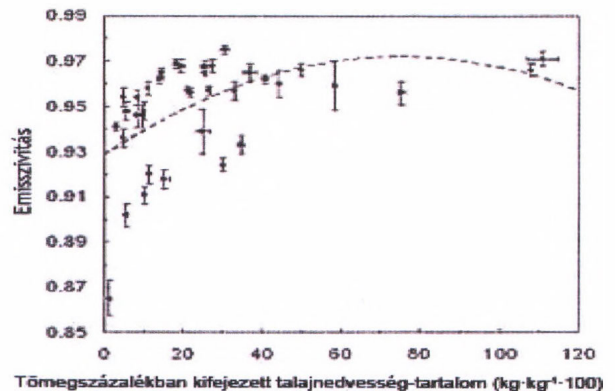
1. ábra: A talaj albedójának és nedvesség-tartalmának kapcsolata különböző fényességű talajok esetén

$T_{skin}(\theta) < T_a$, a rétegződés stabilis, és ennek megfelelően a stabilis rétegződéshez tartozó sűrűlódási sebességet és aerodinamikai ellenállást számítjuk. A rétegződés jellegét egyértelműen a légköri határfeltételek határozzák meg.

A $T_{skin}(\theta)$ -nak és az r_a -nak a (4)-es, (5)-ös és (6)-os egyenletekbe való behelyettesítésével, majd az (1)-es egyenlet újbóli alkalmazásával, megkapható a másodszor számított $T_{skin}(\theta)$. A $T_{skin}(\theta)$ végső értékeként az 5. iteratív lépésben kapott értéket vettük, mert a konvergencia igen gyors. E számításokban a $\theta = 0 - 0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, míg a lépésköz $0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

2.2 Talaj és légköri adatok. A talajadatok a talaj sugárzási és termikus tulajdonságait, míg légköri adatok a felszín közeli levegő rétegződését jellemzik.

2.2.1 A csupasz talaj sugárzási tulajdonságai. A talaj legfontosabb sugárzási tulajdonságai: az albedó és az emisszivitás. Mindkettő függ a talaj nedvességtartalmától (θ); alapvetően azért, mert a nedvességtartalom változásával változik a fényesség, sötétség is. Ugyanakkor a száraz talaj fényessége, sötétsége anyagfüggő is, így a száraz talajok fényességében markáns különbségek vannak.



2. ábra: A talaj emisszivitásának és nedvesség-tartalmának kapcsolata a 8–14 µm-es hullámhossz-tartományban

Mindezek alapján látható, hogy a (3)-as egyenlet (Sridhar et al., 2002) bal és jobb oldalán egyaránt szerepel a $T_{skin}(\theta)$. Az ilyen típusú egyenletek az iteratív eljárás alkalmazásával oldandók meg. Az iterálás első lépésében a (4)-es, (5)-ös és (6)-os egyenletekben szereplő $T_{skin}(\theta)$ hőmérsékletet a levegő T_a hőmérsékletével egyenlítőjük ki. Ebben az esetben a rétegződés neutrális és az r_a aerodinamikai ellenállás könnyen számítható. A (3)-as egyenlet alkalmazásával megkapható az először számított $T_{skin}(\theta)$. Ha a $T_{skin}(\theta) > T_a$, a rétegződés labilis, így a labilis rétegződéshez tartozó sűrűlódási sebességet és aerodinamikai ellenállást számítjuk. Fordítva, ha a

A különböző sötétségű talajok albedójának nedvességtartalomtól való függését labormérések alapján határozzák meg. Egy ilyen mérési sorozat eredményeit szemlélíti az 1. ábra, ami az NCAR LSM (National Center for Atmospheric Research Land Surface Model) SVAT-modellben (Soil Vegetation Atmosphere Transfer) alapbeállításként szerepel (Bonan, 1996).

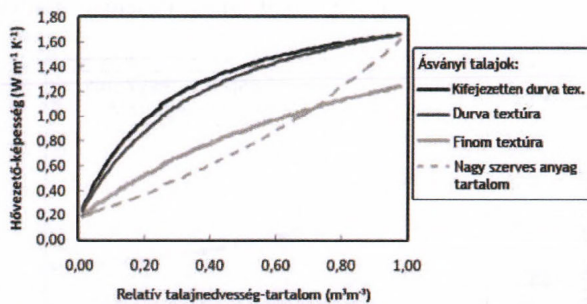
Értelemszerűen a legnagyobb albedó-értékek a világos, míg a legkisebb albedó-értékek a sötét talajok esetén vannak. Így, a világos, a közepesen sötét és a sötét talajok esetén a $\alpha(\theta=0) = 0,23; 0,18$ és $0,10$ rendre. Látható, hogy a száraz és a nedves állapot közötti átmeneti θ -

1. táblázat: A labilis és a stabilis rétegződést jellemző légköri állapothatározók és fluxusok. R_n a felszín sugárzási egyenlege, T_a a z_a szintben levő levegő hőmérséklete, T_{deep} a 30-40 cm-es mélységben levő talajhőmérséklet, e_a a z_a szintben levő levegő parciális vízgőznyomása és U a z_a szintben levő szélesség

	R_n (W m ⁻²)	T_a (°C)	T_{deep} (°C)	e_a (hPa)	U (ms ⁻¹)
Labilis rétegződés	850	25,8	22,8	18,00	6,0
Stabilis rétegződés	20	17,4	18,5	15,80	3,0

2. táblázat: A referencia futtatás során használt α , ε_g és λ paraméterek alapbeállításai

Paraméter / A referencia futtatás alapbeállítása	
α	a talaj fényessége: közepesen sötét
ε_R	az $\varepsilon_g(\theta)$ kapcsolat: négyzetes egyenlet
λ (Wm ⁻¹ K ⁻¹)	Côté & Konrad (2005) parametizációja, durva textúra, kicsi szerves anyag tartalom



3. ábra. Az ásványi talajok hővezető-képességének és relatív talajnedvesség-tartalmának kapcsolata a Côté & Konrad (2005) modell alapján

tartomány szélessége különbözik a sötét (kb. 0,15 és 0,28 m³m⁻³ között), a közepesen sötét (kb. 0,04 és 0,28 m³m⁻³ között) és a világos (nincs átmeneti tartomány) talajok esetén.

A talaj sötétsége, fényessége – mint külön tényező – nem hat a talaj emisszivitására. De a talaj nedvességtartalmától való függés fennáll, amit sokszor el szoktak hanyagolni, ilyenkor az 1-hez közeli értékeket általában 1-nek veszik. Ha az ε_g θ -tól való függését számításba akarjuk venni, használhatjuk pl. Mira et al. (2007) mérési eredményeit, amelyek a 8 – 14 μ m-es hullámhossztartományra vonatkoznak. Ezek alapján

$$\varepsilon_g = c \cdot \left(\frac{\theta \cdot 100}{\rho_b} \right)^2 + b \cdot \left(\frac{\theta \cdot 100}{\rho_b} \right) + a, \quad (7)$$

ahol a, b és c állandók, θ a tömegszázalékban kifejezett tényleges talajnedvesség-tartalom és ρ_b a száraz talaj sűrűsége. Értelemszerűen a nedves talaj emisszivitása nagyobb,

míg a szárazé kisebb. Látható az is, hogy az ε_g maximális értéke 0,97 körüli.

2.2.2 A csupasz talaj termikus tulajdonságai. A talaj termikus tulajdonságai közül a hővezető-képessége (λ) az egyik legfontosabb. Az ásványi talajok λ -nak relatív talajnedvesség-tartalomtól (θ_r) való függését a 3. ábra szemlélteti. A $\lambda(\theta_r)$ kapcsolatot Côté és Konrad (2005) modellje alapján határoztuk meg különböző fizikai félésségek és szerves anyag tartalmak esetén. A kifejezetten durva, durva és finom textúrák esetén a szerves anyag-tartalom kicsi. A nagy szerves anyag-tartalmú talajoknál textúra szerinti megkülönböztetést nem használtunk, mert a textúra-hatás ekkor nem fontos. Láthatjuk, hogy a durva és a finom textúrájú talajok közötti $\lambda(\theta_r)$ különbségek nagyok. Hasonlóan nagyok a különbségek a durva textúrájú és kicsi szerves anyag-tartalmú, valamint a nagy szerves anyag-tartalmú talajok között.

2.2.3 Légköri rétegződés. Érzékenységi vizsgálatainkat labilis és stabilis légköri rétegződésekre vonatkozóan végeztük. A rétegződéseket jellemző légköri állapothatározókat és fluxusokat az 1. táblázat szemlélteti. A táblázatban a T_{deep} hőmérséklet is megtalálható, ami a G felszíni talaj hőáram-sűrűség számításához szükséges.

2.3 Numerikus vizsgálatok. Vizsgálatainkban a $T_{skin}(\theta)$ -nak a talaj sugárzási és termikus tulajdonságaira való érzékenységet elemeztük a felszín közeli levegő labilis és stabilis rétegződése esetén. Így, külön elemeztük T_{skin} α -ra való érzékenységet a sötét, közepesen sötét és világos talajokra vonatkozó $T_{skin}(\theta)$ -görbék összehasonlításával. Hasonlóképpen vizsgáltuk a T_{skin} ε_g -re és λ -ra való érzékenységet is elemezve a különböző ε_g - és λ -parametizációkra kapott $T_{skin}(\theta)$ -görbék közötti különbséget. Összehasonlításaink során mindig egy aktuális- és referencia-görbepárt szemléltünk. A referencia görbe az α -, ε_g - és λ -alapbeállítások alapján kapott görbe; ezeket az alapbeállításokat a 2. táblázat szemlélteti. Az aktuális görbe esetén két paraméter alapbeállítású, de a 3. paraméter beállítása eltér az alapbeállítástól. Így az aktuális és a referencia-görbék közötti különbségek becslésével elemezhetjük az adott paraméterre való érzékenységet. Említsük meg azt is, hogy vizsgálatainkban a talajt jellemző mindhárom paraméter (α , ε_g , λ) függ a θ -tól.

3. Eredmények. A $T_{skin}(\theta)$ függvény érzékenységet a sugárzási és a termikus tulajdonságok változásaira különböző légrétegződések esetén külön-külön fogjuk elemezni.

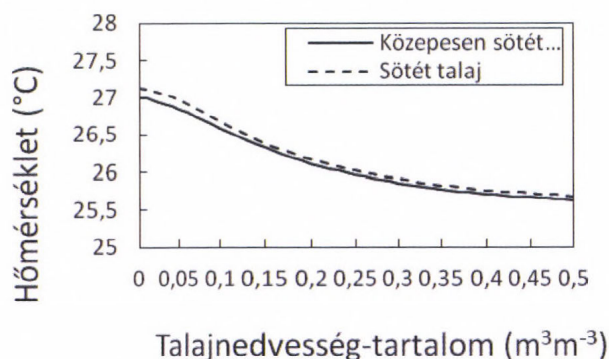
3.1 Érzékenység a sugárzási tulajdonságokra. A $T_{skin}(\theta)$ -függvényeket a közepesen sötét (referencia futtatás) és a sötét (aktuális futtatás) talajok esetén a labilis rétegződésben a 4. ábra szemlélteti. Értelemszerűen a sötét talajok hőmérséklete nagyobb, mint a közepesen sötétké, de a hőmérsékleti különbségek maximális értékben 0,1 – 0,2 °C körüliek. Látható, hogy a különbség

gek nagyobbak a száraz ($\theta < 0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) és kisebbek a nedves ($\theta > 0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) talaj esetében.

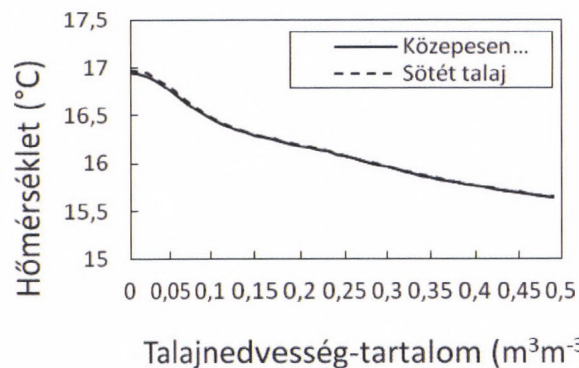
A $T_{\text{skin}}(\theta)$ ε_g -változásaira való érzékenységet a labilis rétegződésben az 5. ábrán láthatjuk. A referencia futtatásban az ε_g a θ függvénye, míg az aktuális futtatásban az $\varepsilon_g = 1$ -el. Láthatjuk, hogy az aktuális futtatás $T_{\text{skin}}(\theta)$ -görbéje mindig a referencia futtatás $T_{\text{skin}}(\theta)$ -görbéje alatt van. Ez értelemszerű, mert az aktuális futtatásban a kisugárzás nagyobb, mint a referencia futtatásban. Ugyanakkor e különbségek igen kicsik, mindössze $0,05^\circ\text{C}$ körüliek.

A $T_{\text{skin}}(\theta)$ -függvényeket a közepesen sötét (referencia futtatás) és a sötét (aktuális futtatás) talajok esetén a labilis rétegződésben a 6. ábra szemlélteti. A kapott hőmérsékleti különbség-értékek kisebbek, mint $0,1^\circ\text{C}$. A kicsi különbségek ellenére a nedvesség hatása észrevehető. Láthatjuk azt is, hogy e hőmérsékleti különbség-értékek kisebbek, mint a labilis rétegződés esetén.

A $T_{\text{skin}}(\theta)$ ε_g -től való függése stabilis rétegződés esetén a 7. ábrán látható. A kapott különbségek – az előbbi esetekhez képest – a legnagyobbak. A száraz talajoknál e különbségek $0,5^\circ\text{C}$ körüliek. Ez az eredmény különben összhangban van Edwards (2009) cikkének 8. ábráján



4. ábra: Különböző sötétsgű talajok felszíni hőmérsékletének (T_{skin}) változása a talajnedvesség-tartalom függvényében labilis rétegződés esetén. Jelölés: telt vonal - referencia futtatás, szaggatott vonal - az aktuális futtatás



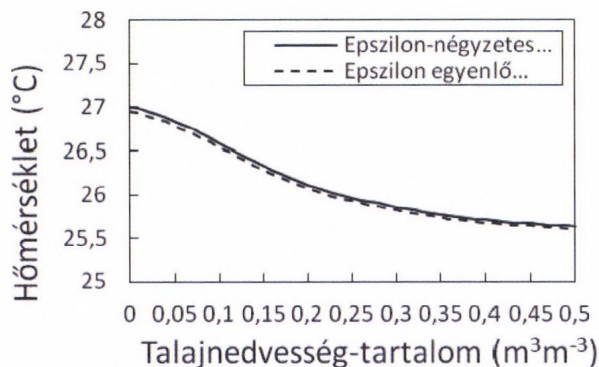
6. ábra: Különböző sötétsgű talajok felszíni hőmérsékletének (T_{skin}) változása a talajnedvesség-tartalom függvényében stabilis rétegződés esetén. Jelölés: telt vonal - referencia futtatás, szaggatott vonal - az aktuális futtatás.

bemutatott eredményeivel. Vegyük észre, hogy a $T_{\text{skin}}(\theta)$ ε_g -re való érzékenysége egyértelműen nagyobb a stabilis, mint a labilis rétegződésben mind a száraz, mind a nedves talajok esetén.

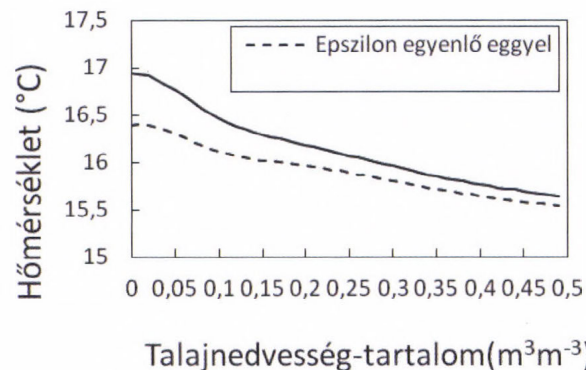
3.2 Érzékenység a termikus tulajdonságokra. A $T_{\text{skin}}(\theta)$ -függvényt a durva textúrájú és kicsi szerves anyag tartalmú (referencia futtatás), valamint finom textúrájú és kicsi szerves anyag tartalmú (aktuális futtatás) talajok esetén labilis rétegződésben a 8. ábra szemlélteti. Látható, hogy a két függvény között szinte nincs különbség.

Hasonlóképpen, a $T_{\text{skin}}(\theta)$ -függvényt a kicsi (referencia futtatás) és a nagy (aktuális futtatás) szerves anyag tartalmú talajok esetén a labilis rétegződésben a 9. ábra mutatja. A két függvény menete között gyakorlatilag nincs különbség, szinte ugyanúgy, mint az előbbi esetben.

A $T_{\text{skin}}(\theta)$ -függvényt a durva textúrájú és kicsi szerves anyag tartalmú (referencia futtatás), valamint finom textúrájú és kicsi szerves anyag tartalmú (aktuális futtatás) talajok esetén a stabilis rétegződésben a 10. ábra szemlélteti. A kapott különbségek kicsik (maximálisan $0,10^\circ\text{C}$) és valamelyest nagyobbak a száraz ($\theta < 0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), mint a nedves ($\theta > 0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) esetben. Látható



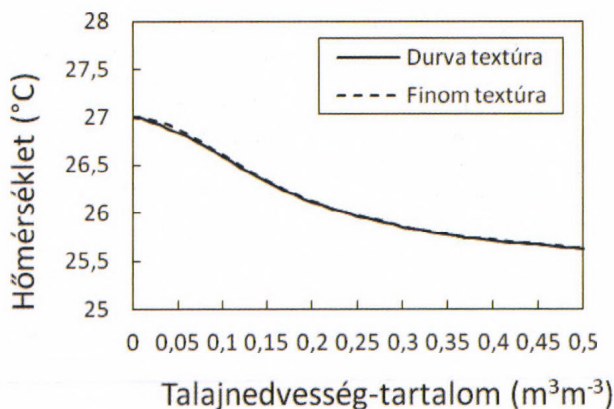
5. ábra: Különböző emisszivitású talajok felszíni hőmérsékletének (T_{skin}) változása a talajnedvesség-tartalom függvényében labilis rétegződés esetén. Jelölés: telt vonal - referencia futtatás, szaggatott vonal - az aktuális futtatás.



7. ábra: Különböző emisszivitású talajok felszíni hőmérsékletének (T_{skin}) változása a talajnedvesség-tartalom függvényében stabilis rétegződés esetén. Jelölés: telt vonal - referencia futtatás, szaggatott vonal - az aktuális futtatás.

juk azt is, hogy a kapott különbségek hasonlóképpen kicsik mind a labilis, mind a stabilis rétegződésben.

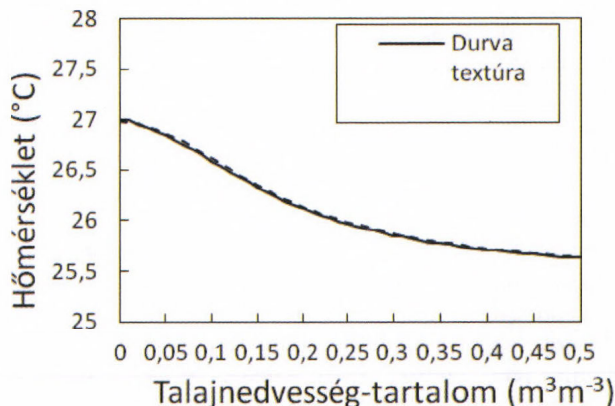
A $T_{skin}(\theta)$ -függvényt a kicsi (referencia futtatás) és a nagy (aktuális futtatás) szerves anyag tartalmú talajok esetén a stabilis rétegződésben a 11. ábra mutatja. A két görbe közötti különbség a θ növekedésével nagyon lassan, de folyamatosan csökken. A $T_{skin}(\theta)$ -különbségek azon θ -értékekre vonatkozóan a legnagyobbak, amely θ -értékekre vonatkozóan a $\lambda(\theta_r)$ -különbségek is a legnagyobbak (lásd a 3. ábrát). A különbségek maximális értékei 0,10 °C körüliek. Ugyanakkor e különbségek nagyobbak, mint a labilis rétegződés esetén kapott különbségek.



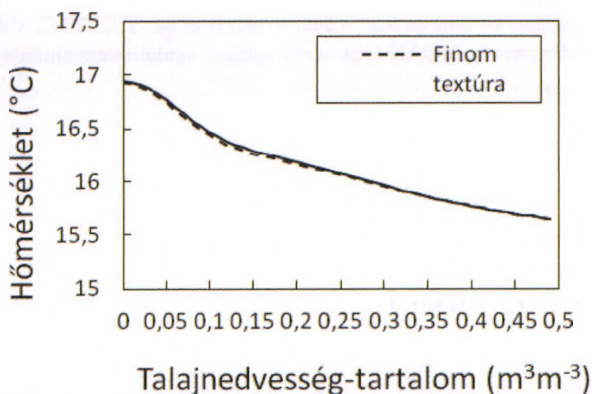
8. ábra: Különböző fizikai féleségű (textúrájú) ásványi talajok felszíni hőmérsékletének (T_{skin}) változása a talajnedvesség-tartalom függvényében labilis rétegződés esetén. Jelölés: telt vonal - referencia futtatás, szaggatott vonal - az aktuális futtatás.

diagnosztikus jellegű felszíni hőmérséklet modellt használtunk. A modellt Sridhar *et al.* (2002) is alkalmazta az MM5 modellrendszer keretében. Eredményeink alapján

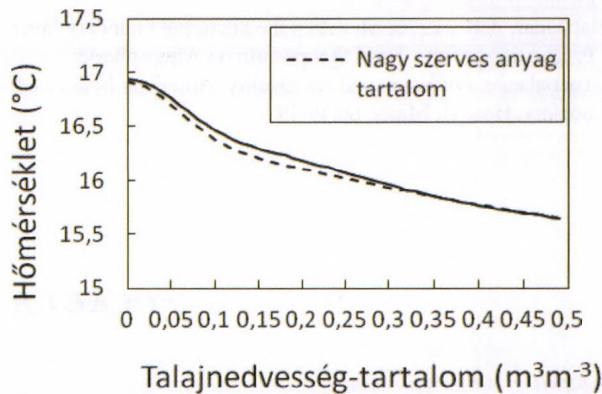
- a $T_{skin}(\theta)$ $\alpha(\theta)$ -ra és $\varepsilon_g(\theta)$ -ra való érzékenysége egyértelműen nagyobb, mint a $\lambda(\theta)$ változásokra kapott érzékenység.
- Az $\alpha(\theta)$ -ra való érzékenység nem nagy (a $T_{skin}(\theta)$ hőmérséklet-különbsége maximális értékben 0,1-0,2 °C körüliek), gyakorlatilag csak a száraz talajok felett a labilis rétegződésben tapasztalható.
- Az $\varepsilon_g(\theta)$ -ra való érzékenység nagyobb, mint



9. ábra: A durva textúrájú és a nagy szerves anyag tartalmú ásványi talajok felszíni hőmérsékletének (T_{skin}) változása a talajnedvesség-tartalom függvényében labilis rétegződés esetén. Jelölés: telt vonal - referencia futtatás, szaggatott vonal - az aktuális futtatás.



10. ábra: Különböző fizikai féleségű (textúrájú) ásványi talajok felszíni hőmérsékletének (T_{skin}) változása a talajnedvesség-tartalom függvényében stabilis rétegződés esetén. Jelölés: telt vonal - referencia futtatás, szaggatott vonal - az aktuális futtatás.



11. ábra: A durva textúrájú és a nagy szerves anyag tartalmú ásványi talajok felszíni hőmérsékletének (T_{skin}) változása a talajnedvesség-tartalom függvényében stabilis rétegződés esetén. Jelölés: telt vonal - referencia futtatás, szaggatott vonal - az aktuális futtatás.

4. Konklúzió. E tanulmányban a csupasz talaj felszíni hőmérsékletének a talaj sugárzási és termikus tulajdonságaira való érzékenységét vizsgáltuk különböző rétegződési viszonyokban. A vizsgálatban igen egyszerű,

$\alpha(\theta)$ -ra való érzékenység. Az $\varepsilon_g(\theta)$ változásaira kapott maximális $T_{skin}(\theta)$ hőmérséklet-különbségek 0,5 °C körüliek. Az ilyen nagyságú különbségek a száraz talajokra és a stabilis rétegződésben voltak jellemzők. Stabilis

rétegződés esetében a nedves talajok felett e különbségek kisebbek; nem nagyobbak, mint $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Eredményeink a csupasz talaj felszínére vonatkoznak. Látható, hogy a stabilis rétegződésben kapott eltérések jelentősen nagyobbak, mint a labilis rétegződésre vonatkozó tipikus eltérések. Erősen stabilis rétegződések esetében (fagyott- vagy hó-felszín felett) ez az érzékenység még nagyobb. Ezt tükrözik a T_a nagyságával kapcsolatos előre jelzési problémák, ami különben a modern meteorológia egyik sarkalatos pontja. Az extrém téli esetekben a T_a igen érzékeny nemcsak az ε_g -változásaira, hanem sok egyéb más folyamatra is, pl. a geosztrófikus szél nagyságára, a turbulens átkeverődés mértékére vagy a kisugárzás magasság szerinti változására. A T_a alakulását főleg e két utóbbi tényező szabályozza, ezek relatív hatása pedig a felszín közeli szél sebességének függvényében változik. Erre Savijärvi (2006) mutatott rá, kiemelve, hogy az $U < 3\text{ ms}^{-1}$ esetén a turbulens átkeverődés, míg az $U > 3\text{ ms}^{-1}$ a kisugárzási hatás a domináns. E megállapításait komplex PHR modell-számítások, valamint megfigyelések alapján tette. Itt említsük meg azt is, hogy az általunk kapott $T_{\text{skin}}(\theta)$ hőmérséklet-változások stabilis rétegződési viszonyokban szintén igen érzékenyek a szél változásaira, annak ellenére, hogy vizsgálataink nem terjedtek ki az extrém stabilis rétegződésre; ezért ezeket be sem mutatjuk. Summázva: a $T_{\text{skin}}(\theta)/\varepsilon_g(\theta)$ kapcsolat erőssége és ezen kapcsolatra vonatkozó bizonytalanságok nagysága nagyobb, mint a $T_{\text{skin}}(\theta)/\alpha(\theta)$ kapcsolat esetében.

Irodalom

- Ács, F., Breuer, H., Rajkai, K., and Horváth, Á., 2012: The impact of soil on atmosphere: an overview of Hungarian modeling efforts. Submitted to Időjárás.
- Blackadar, A.K., 1976: Modeling the nocturnal boundary layer. Proceedings of the Third Symposium on Atmospheric Turbulence, Diffusion and Air Quality. American Meteorological Society, Boston, Mass., pp.46-49.
- Bhumralkar, C. M., 1975: Numerical experiments on the computation of ground surface temperatures in an atmospheric general circulation model. J. Appl. Meteor., 14, 1246-1258.
- Bonan, G.B., 1996: A Land-Surface Model (LSM Version 1.0) for Ecological, Hydrological and Atmospheric Studies: technical Description and User's Guide. NCAR/TN-417+STR, NCAR TECHNICAL NOTE, pp 150.
- Côté, J., and Konrad, J.-M., 2005. A generalized thermal conductivity model for soils and construction materials. Can. Geotech. J. 42, 443–458.
- Edwards, J. M., 2009: Radiative Processes in the Stable Boundary Layer: Part II. The Development of the Nocturnal. Boundary-Layer Meteorol, 131, 127–146.
- Goudriann, J. and Waggoner, P.E., 1972. Simulating both aerial microclimate and soil temperature from observations above the foliar canopy. Neth. J. Agric. Sci., 20: 104-124.
- Jones, H.G., 1983: Plants and microclimate: A quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge University Press. Cambridge, London, New York, 309 pp.
- Lemon, E., Stewart, D.W. and Shawcraft, R.W., 1971: The sun's works in a cornfield. Science, 174, 371-378.
- Mira, M., Valor, E., Boluda, R., Caselles, V. and Coll, C., 2007: Influence of soil water content on the thermal infrared emissivity of bare soils: Implication for land surface temperature determination. J. Geophys. Res. 112, F04003, doi:10.1029/2007JF000749.
- Noilhan J. and Mahfouf, J.-F., 1996: The ISBA land-surface parameterization scheme. Global and Planetary Change, 13, 145-159.
- Parton, W. J., and Logan, J. A., 1981: A model for diurnal variation in soil and air temperature. Agricultural Meteorology, 23, 205-216.
- Savijärvi, H., 2006: Radiative and turbulent heating rates in the clear-air boundary layer. Q. J. Roy. Meteorol. Soc. 132, 147–161.
- Sridhar, V., Elliott, R.L., Chen F. and Brotzge, J.A., 2002: Validation of the NOAA-OSU land surface model using surface flux measurements in Oklahoma. J. Geophys. Res. 107, ACL 3-18

KISLEXIKON

POCKET ENCYCLOPAEDIA

Folytatás a 60. oldalról

nowcasting <ang., ultra-rövidtávú> a pár órás időszakra történő időjárás-előrejelzés. A numerikus időjárás-előrejelző modellek eredményein mellett az aktuális időjárási helyzet elemzésével a kisebb skálájú folyamatok nagyobb megbízhatósággal jelezhetők előre. (Bonta I.: Bodolainé Jakus Emma búcsúztatása 2012. június 29-én a Kelenföldi Szent Gellért plébánia ravatalozójában)

prognosztikai egyenlet olyan kormányzó egyenlet, amely időtől függő tagot tartalmaz, –időfüggő–, ezáltal alkalmas az adott változó értékének meghatározására egy későbbi időpontban, azaz előrejelzésére. (Ács F., Szabó L., Jávors Cs.: A csupasz talaj felszíni hőmérsékletének érzékenysége a talaj sugárzási és termikus tulajdonságainak változásaira)

HIDEGCSEPPEK VIZSGÁLATA EURÓPA TÉRSÉGÉBEN AZ ECMWF ERA INTERIM REANALIZIS ALAPJÁN

STUDY OF THE COLD DROP BASED ON ECMWF'S ERA INTERIM IN EUROPE

Gaál Nikolett

ELTE TTK Környezettudományi Centrum, 1117 Budapest Pázmány Péter sétány 1/A gaalnikki@gmail.com

Összefoglalás: A felső troposzférában kialakuló – gyakran nehezen előrejelezhető – hidegcseppek illetve hideg örvények vizsgálatát tűztük ki célul statisztikus módszerek alkalmazásával, valamint esettanulmányok révén. A hidegcseppeket gyakran intenzív események, záporok, zivatarok, olykor tubák és nem mezociklonális tornádók kísérik. A felsorolt események miatt az Országos Meteorológiai Szolgálat Repülésmeteorológiai és Veszélyjelző Osztálytól kapott motiváció hatására saját fejlesztésű eszközzrendszer használatával a jelenség összetett vizsgálatára került sor.

Abstract: We aimed to analyze the cold drops and the upper level low formed in the middle troposphere - which are often difficult to be predicted - by means of the statistical methods and case studies. Cold drops are often followed by intensive events such as heavy rainfall, thunderstorm, sometimes tubas and non mesocyclonic tornadoes. Due to the above mentioned events and the motivation of the Aviation and Severe Weather Forecasting Division at Hungarian Meteorological Service, the phenomenon was analyzed in a comprehensive way by a self-developed multiple method.

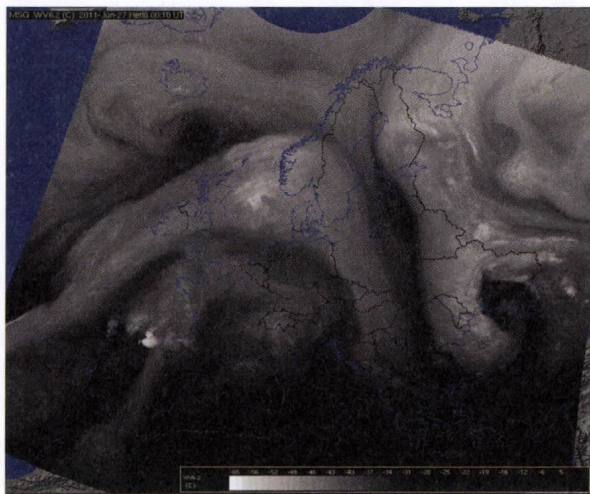
Bevezetés. A magassági hidegcsepp vagy más néven magassági hideg örvény olyan légtömeg, amely elkülönült a nyugatias vezető áramlástól. Ezáltal elszigetelődött a magasabb szélességek hideg levegőjétől, így a környezetéhez képest jóval hidegebb levegőt szállít az alacsonyabb szélességű jelentősen melegebb területek fölé. Az operatív gyakorlatban analizálása a közép-troposzférában, körülbelül 5500 méteres magasságban az 500 hPa-os nyomásszint környezetében történik. A jellemző ellipszis alakú szerkezete és több száz kilométer átmérője miatt a műholdképeken leginkább egy miniciklonhoz hasonlít (1. ábra). A hidegcsepp akár több napon keresztül is meghatározza egy adott térség időjárását,

gyakran jelentős mennyiségű és intenzív csapadéktevékenységgel jár együtt elsősorban a nyári félévben. A hidegcsepp az év bármely évszakában előfordulhat. A labilis légállapot nyáron kedvező feltételeket biztosít zivatar, jégeső, felhőszakadás kialakulásához, illetve bizonyos feltételek mellett akár heves zivatar előfordulásához, télen pedig az intenzív hózáporokért felelős. Jellegzetessége, hogy a magasban a hidegcseppen belül a levegő hidegebb, mint a hidegcseppen kívül. A hidegörvény elnevezést – az északi féltekén az óramutató járásával ellentétes irányú – ciklonális örvénylése miatt kapta.

1. A hidegcseppek életciklusa. Egy klasszikus fejlődésű magassági hideg örvény életciklusa 4 részre osztható fel, mialatt a magassági teknő alja leválik a vezető áramlástól, és végül feloszlik vagy egyesül egy másik teknővel (ZAMG, 2011 /a, /b).

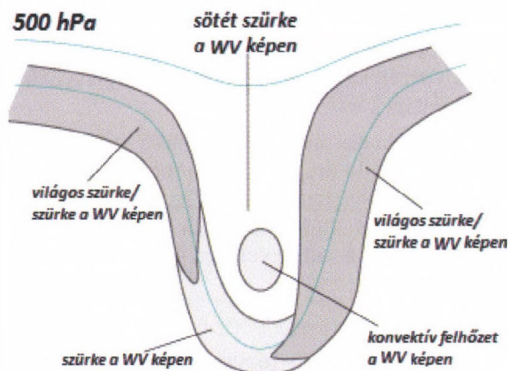
- magassági teknő (upper level low)
- leszakadás előtti állapot (tear-off)
- leszakadt örvény (cut-off)
- végső fázis (final stage)

1.1. A magassági teknő fázis. A magassági örvény képződésének előfeltétele a fő áramban található instabil hullámok jelenléte, ahol a hőmérséklet hullám a geopotenciális hullám mögött helyezkedik el. Ez a fázis az, ahol az említett magassági teknő a frontális felhőtömeg mögött még fennáll, így a műholdképeken a magassági örvény főágától jól fejlett felhősáv látszik. A látható (VIS 0.6) és infravörös (IR 10.8) képeken ez a felhőtömeg világos fehér, mely a vastag réteges felhőborítottságot mutatja (2. ábra). 1.2. Leszakadás előtti állapot. Ennek a szakasznak a fő meteorológiai folyamata a teknő elszakadása a vezetőáramlástól. A hullámnak inkább

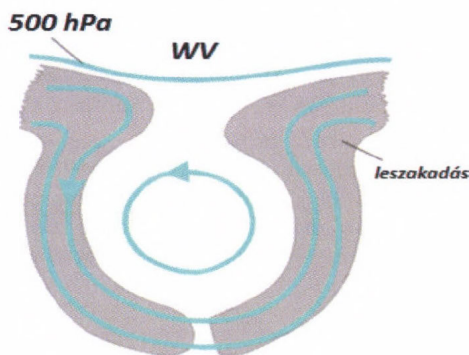


1. ábra: Hidegcsepp 2011. június 27. 00 UTC-kor Délkelet-Európa felett, a Meteosat vizgőz csatornájában (WV 6.2) készült műholdképen. A fehér nyíl a hidegcsepp közepe felé mutat

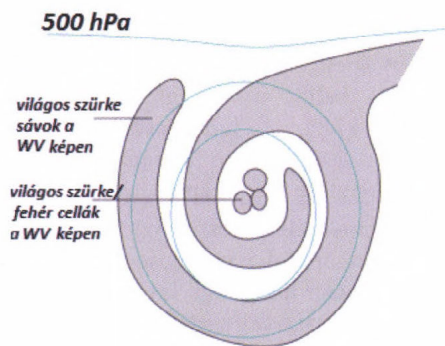
növekszik az amplitúdója (mélyül a hullám), ezt követően a hideg levegő a déli régiókban le fog szakadni a főáramlásról. A magassági teknő alja lassanként elválk a vezetőáramlástól, mely következtében egy zárt cirkuláció jön létre a felsőtroposzférában. Minthogy ez az örvény még a kezdeti stádiumában van, így nagyon gyenge, a fő magassági áramlás formája még ómega alakú. A gerinc gyakran a fő magassági teknő mögött folyamatosan kelet felé mozog, gyorsabban, mint a teknő. A felhőtömeg az IR 10.8 képeken világosszürkétől fehérig



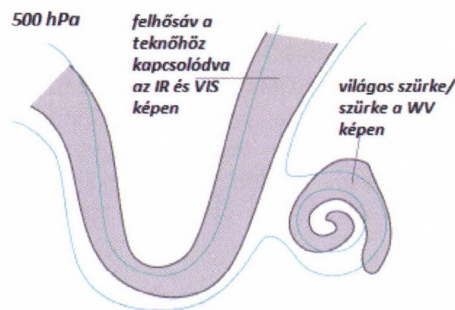
2. ábra: A magassági teknő fázis sematikus ábrája és a műholdképeken való felismerhetősége



3. ábra: A leszakadás előtti állapot sematikus ábrája és a műholdképeken való felismerhetősége



4. ábra: A leszakadt örvény sematikus ábrája és a műholdképeken való felismerhetősége



5. ábra: A végső fázis sematikus ábrája és a műholdképeken való felismerhetősége

, míg a VIS 0.6 képeken sötétszürkétől szürkéig jelenik meg. A WV 6.2 képeken pontosan kivehető az örvénylő sávú nedves levegő (3. ábra).

1.3. Leszakadt örvény. Ellentétben az előző fázissal a leszakadás már befejeződött, a magassági örvény most a leghangsúlyosabb. A szélmező 500 hPa-on mutatja a legfejlettebb zárt cirkulációt. A teljes leszakadás fázisa alatt, a hidegebb levegő miatt fellépő hőmérsékletváltozás nem csak horizontális advekciót okoz, hanem az érett magassági örvény hideg levegőjének a hőmérséklete állandó marad, vagy olykor csökken. A teljesen fejlett magassági örvény elmozdulása nagyon lassú, ezért kvázi-stacionáriusként értelmezhetjük. A WV 6.2 – WV 7.3 képeken gyakran a

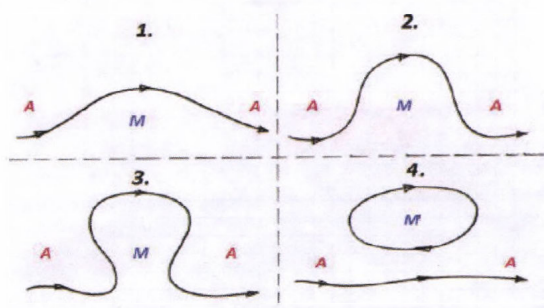
ciklonális spirál a szegélytől a magassági örvény közepéig húzódik (4. ábra) (ZAMG, 2011 /a, /b).

1.4. Végző fázis. A magassági örvény területén - a nagyon hideg felszíni területeket kivéve - konvekció lép fel. A felszín közelében a levegő meleg és az örvény cirkulációja a sűrűlódás miatt lelassul. A konvekció következtében a magassági hidegörvény levegője melegszik és a sűrűlódás hatása is érvényesül a magasabb légrétegekben. Ennek következtében a magassági örvény lassan gyengül. A legtöbb esetben a magassági örvény újra egyesül a vezető

áramlással, mielőtt az teljesen feloszlan a konvekció hatására. Általában egy nagy kiterjedésű teknő hátulról közeledik a vezető áramlással és eléri a magassági örvényt. A magassági örvény így beépül a teknőbe. Ha a magassági örvény messze van a fő áramtól, feloszlik a konvekció miatt. Ha a magassági teknő fejlett, emellett a baroklinitás erős és a felszín meleg, egy baroklin fejlődésmenet figyelhető meg a magassági teknő főágán (5. ábra).

A fejlődésmenet 3-10 napig is eltarthat. Kétféle magassági örvényt különböztetünk meg a méretük és az élettartamuk szerint, a kis örvények élettartama 2-4 nap, míg a nagy örvények élettartama 5-14 napig is eltarthat. A nagy örvények kissé gyakoribbak a kisebb méretűeknél (ZAMG, 2011/a, /b).

2. A hidegcseppek vizsgálata a magyar szakirodalomban. A hazai szakirodalomban néhány helyen találkozhatunk a hidegcseppek vizsgálatával. Kiemelt szinoptikus jelentősége van a hidegcseppekre vonatkozó a blocking jelenségeknek. Blocking helyzetek tipizálásakor jellegzetes áramlási képet kapunk, melyek rendszerint az 500 hPa-os főizobárszinten jól analizálható egy-egy blocking esemény fennállásakor (Veréb, 2008). Az 500 hPa-os szint analízise szerint a blokkoló anticiklonok típusai (Tóth, 2007) alapján megkülönböztetünk: Rex-típusú blockingot; ómega-helyzetet; „tűzgyűrű”, avagy leszakadó anticiklont; leszakadó, alacsony nyomású rendszert és kettéhasadó áramlási mezőt. Számunkra az ómega típusú blocking helyzet a fontos, kialakulása során gyakran hidegcseppek leszakadására számíthatunk (6. ábra).



6. ábra: Hidegcsepp kialakulásának folyamata az ún. ómega blocking helyzetben. „M” a magas-, „A” az alacsony-légnomású területeket jelöli

A Kárpát-medence térségére szinoptikus osztályozást hozott létre Bodolainé (1983). Az osztályozásban csak azok a helyzetek kaptak szerepet, melyek a Duna és Tisza vízgyűjtő területén árhullámot hoztak létre. Hét típust határozott meg: west, west-peremháborgási, zonális, vonuló mediterrán, centrum, hideg légcsepp és nyugati ciklon típus. Bodolainé a veszélyes időjárási helyzetek hideg légcseppekkel való kapcsolatát és tipizálását Európában is úttörő módon végezte. A hideg légcsepp típus viszonylag ritkán, és főleg nyáron fordul elő. Létrejötté gyakran mezoléptékű konvektív időjárási rendszereket hoz létre és időnként hatékonyan szerepet vállal a tiszai árhullámok kialakításában (Szépszó, 2003).

3. A Középtávú Előrejelzések Európai Központja reanalízisei. 1975-ben 18 európai ország összefogása eredményeképpen jött létre a Középtávú Előrejelzések Európai Központja (ECMWF – European Centre for Medium-Range Weather Forecast) (Woods, 2005). Az ECMWF az 1979 és 1993 közötti időszakot lefedő ERA-15 projekt keretében az 1990-es évek közepén hozta létre az első hosszabb időszakot átfogó reanalízis adatbázist (Gibson et al., 1997). Az 1958 és 2002 közötti 45 éves időszakot lefedő ERA-40 projekt esetében jobb térbeli felbontással, a már létező, korszerű 3D-var adatasszimi-

lációs módszerrel az ECMWF 2003-ban állította elő az új reanalízist (Uppala et al. 2005). Az ERA-40 nem csak a légkör állapotát jellemzi az adott időszakra, hanem a szárazföld és az óceán felszínét is.

A XXI. század első évtizedének a közepén kezdődött el az ERA Interim reanalízis projekt, mely először 1989. január 1-től az éppen aktuális közelmúltig terjedő időszakot fogta át, majd pedig 2011 nyarán tíz évvel visszamenőleg meghosszabbítva 1979-től napjainkig terjedő időszakot fedi le (Dee et al., 2011). Az ERA Interim projekt keretében a reanalízis adatbázis havonta, két hónap késleltetéssel bővül. Az ERA Interimben a még finomabb - 0,75*0,75 fokos - térbeli felbontás mellett jelentős részben az ERA-40-ben alkalmazott 3D-var módszerrel szemben a még modernebb 4D-var adatasszimiációs módszer alkalmazása jelentős minőségi javulást eredményezett (Uppala et al., 2005). Emellett számottevő fejlődés mutatkozott a hidrológiai ciklusban, így jobban közelített a nullához a csapadék és párolgás különbsége, mint az ERA-40-ben. Az ECMWF több más partnerrel együttműködve az Európai Unió 7. Keretprogramja keretében 2014 és 2017 között készíti el az egész XX. századot is lefedő ún. ERA-CLIM projektben a legújabb reanalízis rendszert.

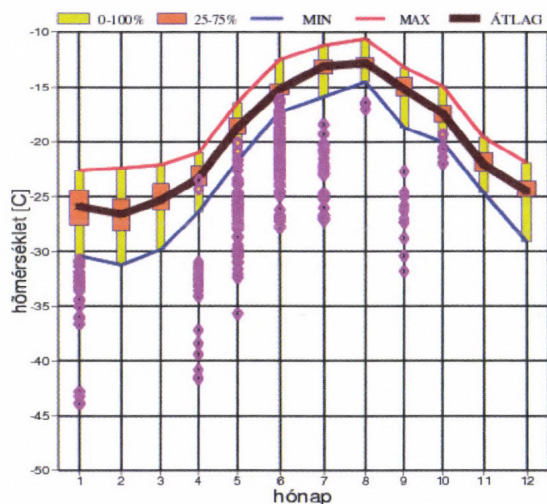
4. Hidegcseppek statisztikai és meteorológiai vizsgálata.

4.1. A hidegcseppek struktúrája. A 2002 és 2011 közötti időszakból a szinoptikus meteorológusok által hidegcseppek helyzetként meghatározott napok közül 70 esetet gyűjtöttünk össze. A 70 esetet naponta, hatóránkénti bontásban vizsgáltuk. Így a légkör háromdimenziós szerkezetének vizsgálatához, összesen 280 időpontban állt rendelkezésünkre a főizobárszinten a hőmérséklet-, a geopotenciál-, a relatív nedvesség-, valamint a szélmező. A hidegcseppek karakterisztikus mérete kicsi, így egy-egy földrajzi helyen statisztikai értelemben kis számban fordul elő, ezért a vizsgált földrajzi területet kellően nagyra kellett választanunk. A terület északnyugati sarokpontja: é. sz. 60°, k. h. 10°, délkeleti sarokpontja: é. sz. 40°, k. h. 40°. A felhasznált adataink az ECMWF MARS adatbázisából származtak. A vizsgálatokhoz az ECMWF MAGICs++ szoftver alkalmazásával saját fejlesztésű FORTRAN programcsaládot készítettünk.

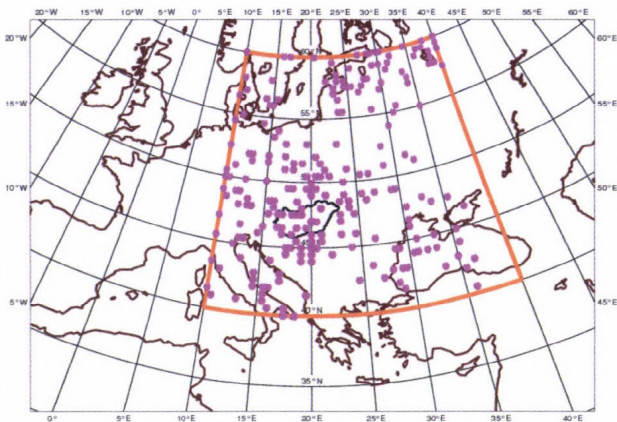
Az 1979-2008 időszakra vonatkozóan 500 hPa-on hőmérséklet havi átlagértékeket számítottunk, valamint havonta megkerestük a 30 évbeli hőmérsékleti minimum és maximum havi átlagértékeket. A 30 éves idősor alapján az 500 hPa-os szinten a felszínhez képest kisebb az éves amplitúdó, mintegy 15 °C, a felszín közeli 22-25 °C-kal szemben. A középtroposzféra jellemző éves hőmérsékleti menete körülbelül 1 hónapos késéssel követi a felszín közelében jellemző hőmérséklet évi menetét. Ez összhangban van azzal, hogy a légkör döntően a földfelszín irányából melegszik, s a besugárzási minimum és maximum hatása időben eltolódva mutatkozik a középtroposzférában. Jól látható, hogy a hidegcseppek napokon

a hőmérséklet jellemzően a 30 éves időszak havi közép-hőmérséklete alatt helyezkedik el (7. ábra).

A 8. ábrán a 2002 és 2011 között vizsgált 280 hidegcseppes mag pozícióit tüntettük fel. Jól látszik, hogy hidegcseppek hőmérsékleti minimum helyei leginkább Magyarországtól nyugatra, északnyugatra és északra helyezkednek el.

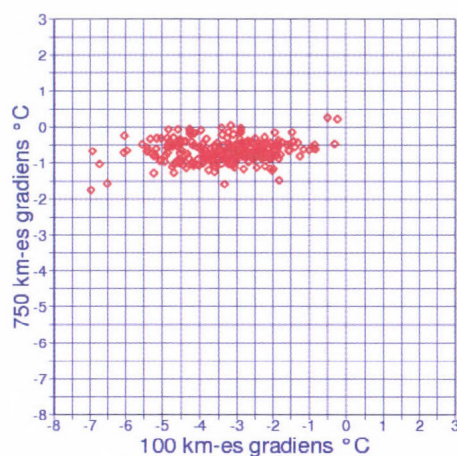
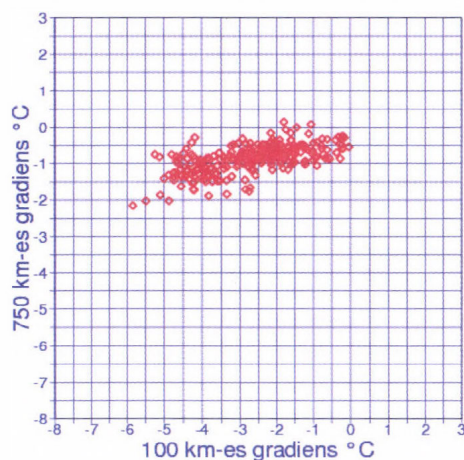


7. ábra: 30 éves idősor alapján 500 hPa-os havi középhőmérséklet-átlagértékek (barna vonal), havonként a leghidegebb (kék vonal) és legmelegebb (piros vonal) havi közép középhőmérséklet, valamint a 280 kiválasztott, hidegcseppes epizód értékeit (lila pontok).



8. ábra: A 2002 és 2011 közötti 280 hidegcseppes szituáció minimum helyei (lila pontok), valamint a vizsgált tartomány (narancssárga vonal)

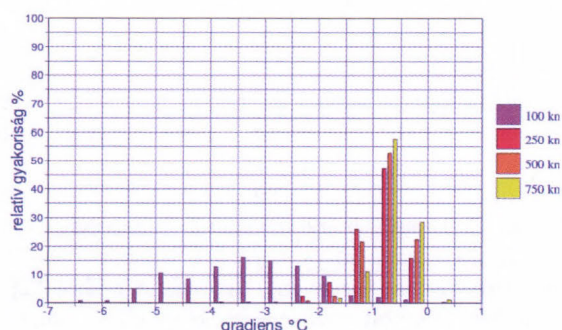
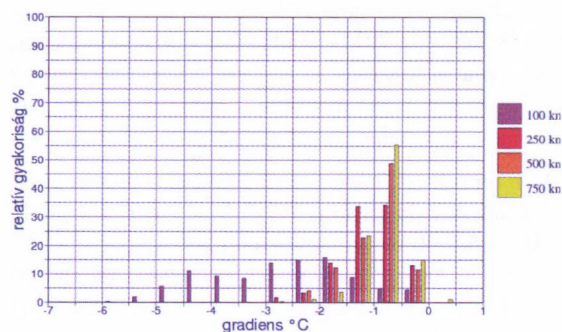
A statisztikai vizsgálathoz elegendő mintaszám biztosítása érdekében hidegcsepp felismerő algoritmus kifejlesztését tűztük ki célul. A 400, 500, 700 és 850 hPa-os főzobárfelület hőmérséklet mezeje alapján határoztuk meg szintenként a lokális hőmérsékleti minimumot. Első lépésként a fent definiált vizsgálati tartomány mindegyik rácsponkjának az 500 hPa-os szintjén kerestük meg a minimumot. A 280 kiválasztott időpontban, a minimum



9. ábra: A hidegcsepp középpontja valamint a 100, 250, 500 és 750 km-es sugárú körön vett átlagérték gradiense $^{\circ}\text{C}/100\text{ km}$ egységben a 400 és a 850 hPa-os főzobárszinten

helyek környezetében – 100 és 750 km távolság között – különböző „sugarú körökön”, a pont körüli átlagos gradiens számításával vizsgáltuk meg a hőmérsékleti mező szerkezetét. Minden vizsgált nyomásszinten a gradiensek gyakoriságából távolság szerint bontottan hisztogramokat készítettünk.

Vizsgálati eredményeink összhangban vannak a várt struktúrával, azaz a mag körül nagy gradiensek jellemzőek, míg távolabb már jóval alacsonyabb értékek. A hidegcseppekre jellemző sajátos horizontális hőmérsékleti struktúra, jó megkülönböztetési lehetőséget ad a mérsékelt övi ciklonokkal szemben, amelyeket jóval nagyobb kiterjedés és hőmérsékleti asszimetria (okkludálódott fázisban már nem) jellemzi. A hidegcseppek jellegzetessége, hogy a belső mag inkább csak a felsőtroposzférában jellemző, az alsó troposzférában kevésbé fejlett, vagy alig mutatható ki, szemben a mérsékelt övi ciklonokkal. Az objektív módszerrel meghatározott hidegcsepp középpont körül 100, 250, 500 és 700 km-es sugárú körön számolt horizontális hőmérsékleti gradienseket számítottunk ki. Az említett 400, 500, 700 és 850 hPa-os főzobárszinten a gradiens gyakoriságot $0,5^{\circ}\text{C}/100$

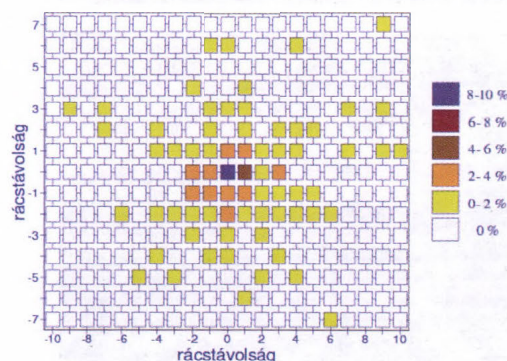
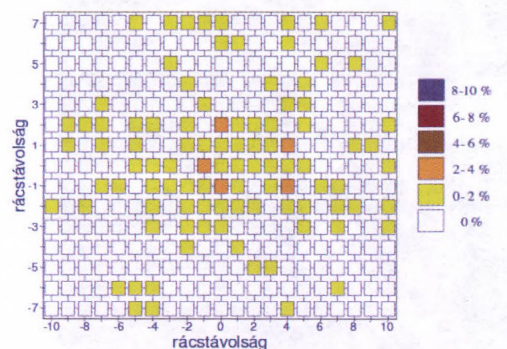


10. ábra: A hidegcsepp középpontja valamint a 100 és 750 km-es sugarú körön vett átlagérték gradienspárok a 280 vizsgált esetben a 400 (baloldal) és a 850 hPa-os (jobboldal) főizobárszinten

km-es érték közönként, hisztogram formájában megjelenítettük (9. ábra).

A 100 km-es sugarú körön számolt gradiensek jellemzően jóval nagyobbak, mint a nagyobb területen vett gradiensek, s a terület növekedésével a gradiens értékek is egyre kisebbek, összhangban a hidegcseppek jellemzően kis horizontális kiterjedésével. A fő izobárpárokon számolt horizontális gradienseket kereszt diagram formájában is megjelenítettük (10. ábra). A 750/100 km-es az 500/100 km-es, a 250/100 km-es gradiens párokat számoltuk ki, az előző pontbeli hisztogramos vizsgálatban tett megállapításokat tovább finomíthatjuk, a nagyobb területen számolt hőmérsékleti gradiensek minden esetben kisebbek, mint a kisebb területen vett gradiensek.

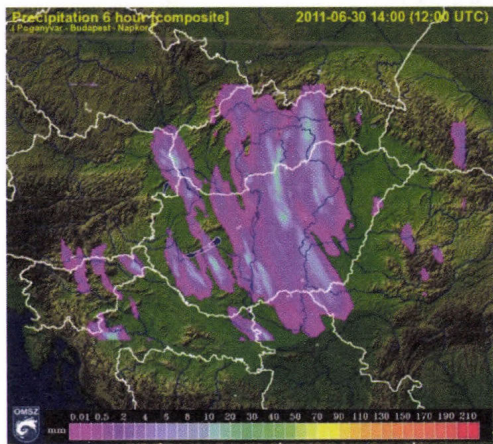
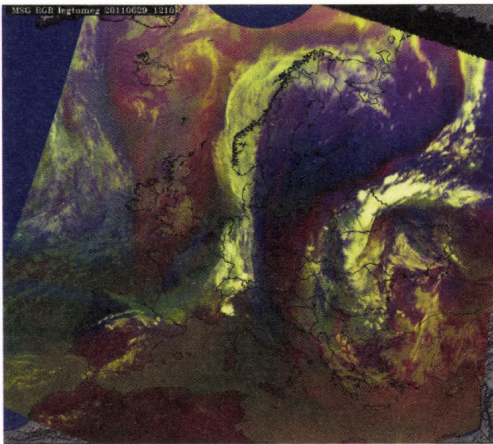
Szintén megvizsgáltuk a nyomásszinteken a hidegcseppek hőmérsékleti minimum helyeinek egymáshoz képest vett térbeli elmozdulását, más szavakkal a hidegcsepp tengelydőlését. A 400 és 500, valamint a 400 és 850 hPa-os rétegben számított tengelydőlés gyakorisági térképet mutatja a 11. ábra. Látható, hogy a 400 és 500 hPa szint között a dőlés jellemzően kisebb, mint nagyobb szintkülönbségnél, általában egyenes tengelyű, de a keleti és délkeleti dőlés irány is gyakorinak mondható, így az égtájak szerinti gyakoriság is jól vizsgálható.



11. ábra: A hidegcseppek tengely dőlés irány gyakorisági térképe 400/500 hPa (baloldal), 400/700 hPa (jobb oldal). Átlagos rácstávolság észak-déli irányban 55 km, kelet-nyugati irányban 40 km

4.2. Hidegcseppek vizsgálata műhold és radar térképek alkalmazásával. A hidegcseppek/ hidegörvények felhő- és csapadékrendszerére jellemző spirális szerkezetét műhold és radarfelvételeken jól nyomon tudjuk követni. A hidegcseppek intenzitásának és térbeli szerkezetének vizsgálatához látható, infravörös és vízgőz Meteosat műholdképeket, valamint magyarországi radartérképeket is felhasználtunk. A 12. ábra mutatja a 2011. június 29-i hidegcseppek esethez kapcsolódó műhold és radarképet, melynek bal oldalán a hidegcsepp spirális szerkezete jól megfigyelhető.

4.3. Hidegcseppek vizsgálata térképes formában, valamint a hidegcseppek előrejelezhetőségének vizsgálata ensemble előrejelzések alapján. A 4.1. pontban meghatározott hidegcseppek jellemzőinek alaposabb vizsgálatához térképes megjelenítési eszközöket fejlesztettünk ki. Három fő térképes megjelenítési eszközt használtunk. Két megjelenítési módot az ERA Interim, illetve determinisztikus előrejelzések esetében alkalmaztunk, a harmadikat az ensemble előrejelzések esetében. A hidegcseppek háromdimenziós szerkezetének tanulmányozásához jó eljárás, ha egy lapon több meteorológiai paraméterhez s több nyomás szinthez tartozó térképet együttesen jelenítünk meg (13. ábra). A hidegcsepp magját kékes-lila szín mutatja



12. ábra: 2011. június 29. 12 UTC európai hamis színezésű „légtömeg” kompozit műholdkép és magyarországi 6 órás csapadékösszeg radarkép

A baroklinitás jellemzésére jó módszer, ha egy térképen jelenítjük meg a geopotenciál és hőmérséklet mezőt (14. ábra). Ensemble előrejelzések esetében az operatív előrejelzői gyakorlatban alkalmazott klasszikus fáklya diagram (15. a ábra) mellett spagetti diagram térkép megjelenítésére szintén programot fejlesztettünk ki (15. b ábra). A 15. a ábrán 2011. július 2-i hidegcseppes esetet két nappal megelőzően készült ensemble fáklya előrejelzés látható. A 15. a ábrán az 500 hPa-os szint hőmérsékleti ensemble fáklyáján jól megfigyelhetjük a hidegcsepp átvonulására mutató jellegzetes markáns U alakú menetet a második előrejelzési napnál, az 500 hPa-os szinten az előrejelzése alapján nagy valószínűséggel 24 óra alatt mintegy 8 fokos lehűlés, majd a hidegcseppet követően szintén 24 óra alatt ugyanekkora mértékű melegedés várható a hidegcsepp következtében. A 15. b ábrán spagetti diagram térképen jól megfigyelhető a hidegcsepp középpont intenzitás és pozíció előrejelzés bizonytalansága.

4.4. Hidegcsepp pálya számítás ERA Interim mezők alapján. Munkánk befejező fázisában az objektív

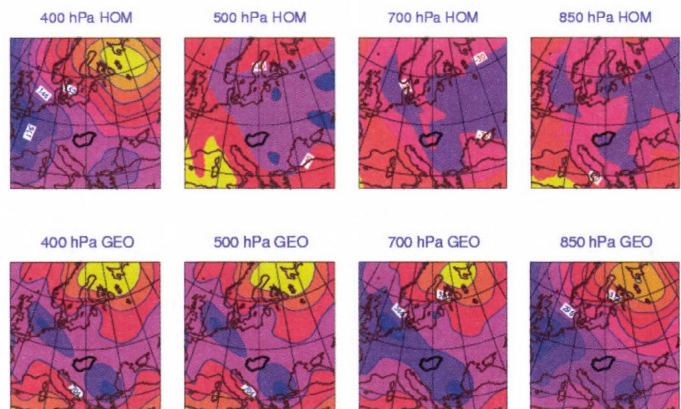
felismertetéssel meghatározott hidegcsepp középpontok időbeli változását illusztráló térkép kifejlesztését tűztük ki célul. A 16. ábrán a 2011. június 26-án kezdődő hidegcseppes esetben a hidegcsepp középpont időbeli mozgása követhető nyomon, mely a későbbiekben egy újabb hidegcseppel egyesülve haladt tovább.

További tervek. A kapott eredményeink alapján további célunk a hidegcsepp felismerő algoritmus tesztelése az 1981 és 2010 közötti 30 évnyi napi reanalízis mezők alapján. Az objektív felismerő algoritmussal szemben követelmény, hogy a módszer jól el tudja különíteni a hidegcsepp / hidegörvény eseteket a mérsékelt övi ciklonoktól. Eddigi eredményeink megalapozottá teszik a fenti célkitűzést. A hidegcsepp felismerő algoritmus használatának másik tervezett módja a potenciálisan hidegcseppes területek kijelölése az aktuális ensemble előrejelzések alapján.

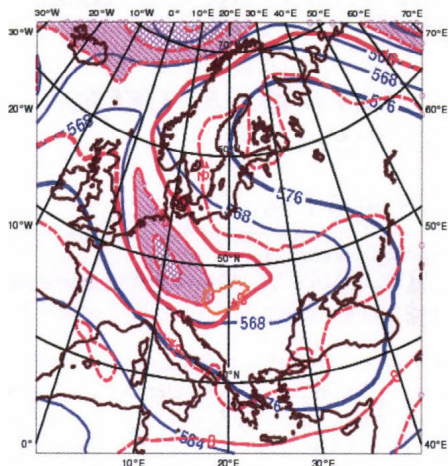
Köszönetnyilvánítás. Köszönetemet szeretném kifejezni Ihász István témavezetőmnek a rengeteg tanácsért, ötletért, értékes és inspiráló szakmai ismereteiért és nem utolsósorban lelkiismeretes munkájáért, amivel hozzájárult a dolgozatom létrejöttéhez. Továbbá szeretném megköszönni Barcza Zoltánnak, hogy munkámat mindvégig figyelemmel kísérte és tanácsaival segítette. Szeretnék köszönetet mondani Gróbné Szenyán Ildikónak a műholdképek kigyűjtésében nyújtott segítségéért. Horváth Ákosnak és Fodor Zoltánnak is nagyon köszönöm a számtalan hasznos szakmai tanácsot, a lelkes és inspiráló segítséget.

Irodalom

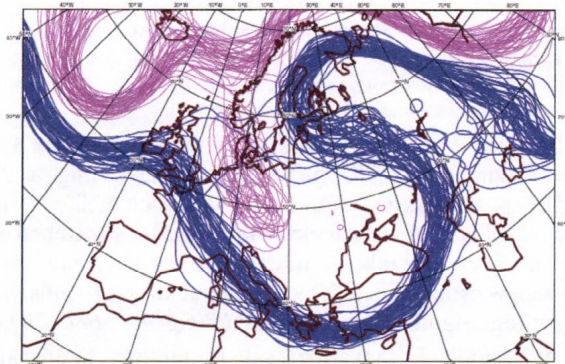
Bodolainé, J.E: 1983: Árhullámok szinoptikai feltételei a Duna és a Tisza vízgyűjtő területén OMSZ Hivatalos Kiadványai LVI. kötet Budapest. Dee D.P, Uppala S.M., Simmons A.J., Berrisford P., Poli P., Kobayshi S., Andrae U., Balmaseda, M.A., Balsamo, G., Bauer P., Bechtold P. Beljaars A.C.M., Van de Ber L., Bidlot J., Bormann N., Delsol C., Dragani R., Fuentes M., Geer A.J., Matricardi M., McNally A.P. Monge-Sanz B.M., Morcrette J.J., Park B.K., Puebe C., Rosnay P., Tavalato C., Thépaut J.N., Vitart



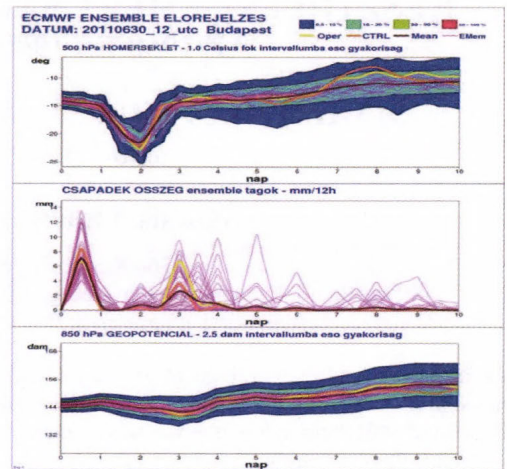
13. ábra: ERA Interim 2008. január 3. 00 UTC-s hőmérséklet és geopotenciál analízis a 400, 500, 700 és 850 hPa-os főzobárszinten



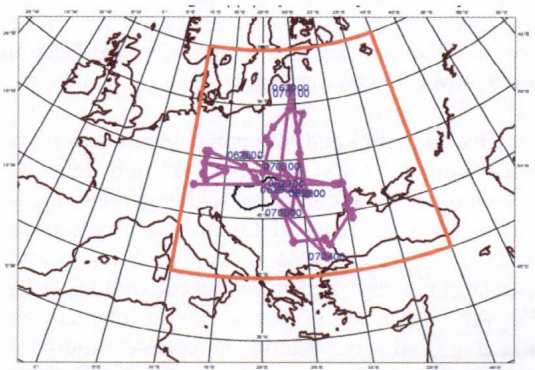
14. ábra: 2011. július 1. 18 UTC-s 500 hPa-os geopotenciál (kék vonal) és hőmérséklet (piros vonal) mező



15.b ábra: Az ECMWF 2011. július 1. 18 UTC-re érvényes 90 órás 500 hPa magasság ensemble előrejelzése. Két izovonal- 568 dam (lila) és 576 dam (kék) – ensemble spagetti diagramja



15.a ábra: Az ECMWF 2011. június 30. 12 UTC-s futtatási budapesti 850 hPa-os geopotenciál, 12 órás csapadékösszeg, 500 hPa-os hőmérséklet 10 napos ensemble fájlja diagramja.



16. ábra: Az 500 hPa-os izobárfelületen a hidegcsepp pályájának mozgása ERA Interim analízisek alapján 2011. június 26. és július 5. között

- F. 2011: The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 137: 553–597. DOI:10.1002/qj.828 Gibson J., Kallberg P., Uppala S., Nomura A. Hernandez A. Serrano E. 1997: ERA description. *ERA-15 Report Series*, No. 1, ECMWF Reading, UK.
- Szépszó, G. 2003: A 80-as 90-es évek árhullámainak szinoptikus klimatológiai értékelése, *Diplomamunka*. ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest.
- Tóth, T. 2007: Jelentős csapadékhullással járó Földközi-tengeri ciklonok klimatológiája blokkoló anticiklonok gyakoriságának függvényében. *Diplomamunka*. ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest.
- Uppala, S.M., Kallberg P., Simmons, A.J., Andrae, U., Da Costa Bechtold, V., Fiorino, M., Gibson J.K., Haseler J., Hernandez A., Kelly G.A., Li Z., Onogi K., Saarinen S., Sokka N., Allan R.P., Andersson E., Arpe K., Balmaseda, M.A., Beljaars A.C.,

- Van De Berg L., Bidlot J., Bormann N., Caires S., Chevalier F., Dethof A., Dragosavac M., Fisher M., Fuentes M., Hagemann S., Holm E., Hoskins B.J., Isaksen L., Janssen P.A., Jenne R., McNally A.P., Mahfouf J.F., Morcrette J.F., Rayner N.A., Saunders R.W., Simon P., Sterl A., Trenberth K.E., Untch A., Vasiljevic D., Viterbo P., Woolen J. 2005: The ERA-40 reanalysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 131: 2961–3012
- Veréb, K. 2008: A szélmezőn alapuló cirkulációs index alkalmazása blocking helyzetek felismerésére. *Diplomamunka*. ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest.
- Woods, A. 2005: Medium-Range Weather Prediction The European Approach. Springer 270 pp.
- Internetes hivatkozások:
<http://www.zamg.ac.at/docu/Manual/SatManu/CMs/ULL/index.htm>
<http://www.zamg.ac.at/docu/Manual/SatManu/CMs/ULL/backgr.htm>

KESZTHELYEN MÉRT NAPFÉNYTARTAM ADATOK ELEMZÉSE AZ 1968 ÉS 1999 KÖZÖTTI IDŐSZAKBAN

ANALYSIS OF THE SUNSHINE DURATION DATA BETWEEN 1968 AND 1999 AT KESZTHELY

Kocsis Tímea¹, Jakusch Pál², Szabó Bence³

¹ 8360 Keszthely, Tavaszi u. 5., timea.kocsis@gmail.com

² PhD hallgató, Pannon Egyetem Georgikon Kar, 8360 Keszthely, Festetics u. 7., jakusch.pal@gmail.com

³ környezetgazdálkodási agrármérnök BSc hallgató, Pannon Egyetem Georgikon Kar, biogie@freemail.hu

Összefoglaló. A globális klímaváltozással kapcsolatos kutatások általában a csapadék mennyiségének változásával és a hőmérséklet emelkedésével foglalkoznak. Kevés elemzés veszi górcső alá a többi meteorológiai elem változását. Vizsgálataink célja az volt, hogy a Keszthelyen mért napfénytartam adatokat elemezve megválaszoljuk a kérdést, vajon ebben a meteorológiai elemben bekövetkezett-e változás, és ha igen, az mennyiben áll összhangban a szakirodalomban leírtakkal. A vizsgált 1968-tól 1999-ig terjedő időszakban, az éves adatokban, a téli és a nyári napsütéses órák számában, és havi szinten február és augusztus hónapban találtunk statisztikailag igazolható emelkedő tendenciát.

Abstract. Usually the researches dealing with climate change focus on the modifications in precipitation sums and temperature rise. Just a few of the papers analyses the changes of other meteorological parameters. The aim of our research was to answer the question whether sunshine duration has changed at Keszthely station and if yes, how these results can be compared to the literature. Statistically significant increasing tendencies were found in the yearly data between 1968 and 1999, in winter and summer, and among the monthly data February and August shows significant rise.

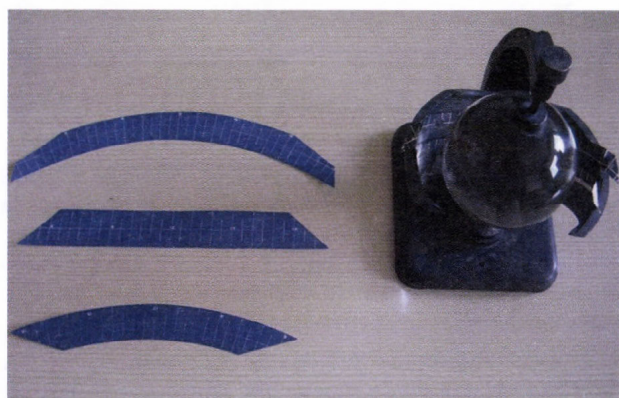
Bevezetés. Napjainkban az emberi tevékenység erős környezetalakító tényezőként tartható számon. Jelenleg szinte nincs olyan pontja a jégmentes földfelszínnek, melyet nem használna az emberiség élelmiszer-előállítás, nyersanyag kitermelés és -felhasználás, a települések és az infrastruktúra kialakítása vagy épp turizmus céljából (Schulze *et al.*, 2005). Az emberiség környezetalakító tevékenysége módosítja a globális rendszerek működését, melyek szoros kapcsolatban vannak egymással. Az egyik legégetőbb probléma, ami részben az emberi tevékenységhez köthető, a globális klímaváltozás. A klímaváltozás várható hatásairól számos tanulmány látott napvilágot, hazai következményeinek modellezése pedig folyamatosan újabb eredményeket tár elénk a hőmérséklet és a csapadék valószínű alakulásával kapcsolatban. Mika (1988) számításai szerint kismértékű globális melegedéssel a hazai éghajlat a nyári félévben melegebbé és szárazabbá válik majd. Ennek hátterében az áll, hogy egyidejűleg gyakoribbá válnak az anticiklonok és növekszik a napfénytartam. A nyári félévi csapadék csökkenése, a napfénytartam és hőmérséklet növekedése valószínűsítik a talajnedvesség jelentős csökkenését (Mika, 2001). Különböző modellszámítások és egyedi becslések 1,5-3°C globális melegedés esetén a nyári időszakban egyértelmű csökkenést állapítanak meg a felhőzetre vonatkozóan, mely csak néhány százalékos, azonban ebben az évszakban a legmagasabb a napállás, ezért ez a pár százalékos felhőzetcsökkenés is jelentős lehet (Mika, 2005). Bartholy *et al.* (2005) 16 globális éghajlati modellel végzett vizsgálatai alapján 2050-re a nyári időszakban a felhőzet csökkenése várható az 1961-1990-es bázisidőszakhoz képest. Pongrácz *et al.* (2011) legújabb modelleredményei szerint, melyek az ENSEMBLES project keretében láttak napvilágot, a Kárpát-medence térségében szignifikáns hőmérsékletemelkedés várható a jövőben havi és évszakai szinten is. 2021-2050 közötti

időszakra az 1961-1990-es referencia-időszakhoz képest éves szinten 1-2,5°C melegedés várható, míg a 2071-2100-as időszakra 2-5°C-os hőmérsékletemelkedés prognosztizálható. A csapadékmennyiségek tekintetében a téli és az őszi időszakban növekedés várható, míg nyáron erőteljes csökkenés. Az éves csapadékösszeg valószínűleg nem fog szignifikánsan változni (Pongrácz *et al.*, 2011).

A legtöbb klímaváltozással foglalkozó tanulmány a hőmérséklet és a csapadékmennyiségek múltbeli és jövőben várható változására koncentrál. Kevés tanulmányban találkozhatunk a felhőzet és a napfénytartam említésével. De ha a klíma változik, akkor valószínűleg nem csak a két legfontosabb éghajlati elem mértéke fog változni, hanem az éghajlati rendszer többi eleme is módosulni fog. A felhőzet változása maga után vonhatja a napfénytartam változását, hiszen ezek szorosan összefüggnek. Az éghajlatot alapvetően a földfelszínre jutó napsugárzás alakítja (Bella, 2009). Tényleges napfénytartamon azt az időtartamot értjük, amely során a Napból érkező közvetlen (direkt) sugárzás a meteorológiai és orográfiai korlátozások mellett is eléri a földfelszínt. A legjelentősebb korlátozó tényező a felhőzet (Varga-Haszonits és Varga, 1999). Hazánkban a sokéves átlagot tekintve a napfénytartam területi eloszlását északnyugat-délkelet irányú növekedés jellemzi, éves összege mintegy 1750 és 2050 óra között változik (Möring, 2011). Területi eloszlás szerint általában a Dél-Alföldön és Baranyában éri el maximumát a napsütéses órák száma, míg minimuma az Alpoknál és az ország északkeleti részén van. Az országos átlag 1971-2000 között 1934 óra volt (Bella, 2009). Magyarország éghajlati atlasza (2004) szerint Keszthely, vizsgálatunk helyszíne, az 1951-2000 óra éves napfénytartammal rendelkező tartományban foglal helyet az 1961-1990 közötti időszak átlaga alapján. Varga-Haszonits *et al.* (2006) által közzétett térkép szerint az évi napfénytartam

tam Keszthelyen 1900–1960 órának adódott az 1951–1990 közötti időszak átlagában. Az időjárási havi jelentések alapján a napfénytartam a hazai állomásokon általában növekvő tendenciát mutat. 1971 és 2005 között az Északi-középhegységben átlagosan évente 6,4 órával nőtt a napfénytartam (Kékes, Kompolt, Miskolc, Jósuaő és Vámosmiskola állomások adatai alapján), ami a borultság mértékének csökkenésével magyarázható Vig (2009) szerint. A napfénytartam növekedésének egyenes következménye a globálisugárzás-összeg növekedése (Vig, 2009). A globálisugárzás és a napfénytartam szoros összefüggésben vannak (El-Metwally, 2005), ezért területi eloszlásuk is hasonló (Anda és Kocsis, 2010). Vig (2009) szerint a napfénytartam éves összege és ezzel együtt a felszín sugárzási egyenlege megnőtt, a lehullott csapadék hasznosulási mértéke romlott, a csapadéktelen időszakokban megnövekedett a párolgatási kényszer (potenciális evapotranszpiráció).

A napsugárzás helyi változásainak ismerete sok alkalma-

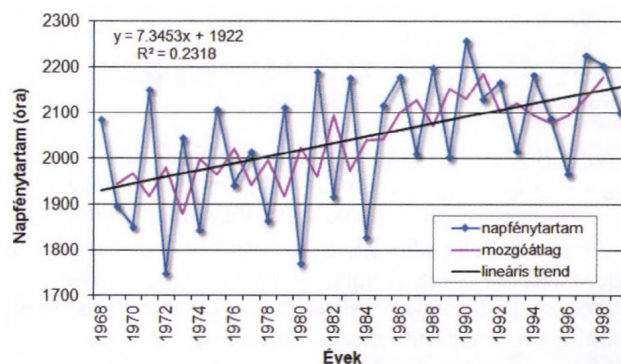


1. ábra: A keszthelyi Campbell – Stokes rendszerű napfénytartam-mérő

zási terület számára elengedhetetlen, pl. építészeti tervezés, tájolás, napenergia-hasznosító rendszerek tervezése, növény-növekedési modellekben, az evapotranszpiráció meghatározásában az öntözési rendszerek tervezésében (Almorox és Hontoria, 2004). A napsütés módosulása hatással lehet a lokális és a regionális klíma alakulására (Pallé és Butler, 2002). Több helyen vizsgálták a napfénytartam adatok alakulását hosszú idősorok alapján. Kínában 42 állomás adatai alapján Chen és munkatársai (2006) megállapították, hogy 36 állomás esetében az éves napfénytartam csökkent 5%-os szignifikancia szinten. Az éves globálisugárzás-összeg az elemzett 47-ből 35 állomás esetében mutatott csökkenést. A szerzők szerint a globálisugárzás bármilyen szignifikáns módosulása nagy jelentőséggel bírhat a mezőgazdasági termelés szempontjából csakúgy, mint a klímaváltozás vagy a napenergia-hasznosítás szempontjából. Kanadában az 1950-es évektől csökkenő tendencia figyelhető meg az éves átlagos napi sugárzásbevitel adatsoraiban, és nem mutatható ki változás az éves átlagos napi napsütéses órák számában (Curforth és Judiesch, 2007). A szerzők szerint a növekvő üvegházgáz koncentráció a felhőzet csökkenése irányában hat, míg a növekvő aeroszol koncentráció ezzel ellentétes

hatást fejt ki. Pallé és Butler (2002) Írország területén végzett vizsgálata szerint fokozatos csökkenés tapasztalható az éves napsütéses órák számában 1881–1998 között. Quaas et al. (2004) szerint a megnövekvő felhőzet a globális klímaváltozás ellenében hat, míg a növekvő üvegházgáz koncentráció a felhőzet csökkenését segíti, és így a globális felmelegedést serkenti.

Vizsgálatunk célja az volt, hogy a keszthelyi napfénytartam mérésekből származó adatok segítségével a városra vonatkozóan a meteorológiai adatok korábbi éghajlatstatisztikai vizsgálatait kiegészítsük. Keszthely hosszú idősoros csapadék- (1871–2000) és hőmérséklet (1901–2000) adatait Kocsis (2008) dolgozta fel. Keszthelyen 31 év napfénytartam adata áll rendelkezésre, melyet a Campbell-Stokes féle napfénytartam-mérővel folyamatosan ugyanazon helyen regisztráltak. Célunk volt meghatározni, hogy a vizsgált időszakban (1968–1999) kimutatható-e változás a napfénytartam adatokban, és az mennyiben áll összhangban a korábban leírt irodalmi adatokkal.



2. ábra: A napfénytartam éves összegeinek alakulása Keszthelyen 1968 – 1999 között

Anyag és módszer. A Pannon Egyetem Georgikon Kar Meteorológia és Vízgazdálkodás Tanszéke szolgáltatatta számunkra azokat az adatokat, mely vizsgálataink alapját képezték. A Georgikon Kar nagy múltú agrár-felsőoktatási intézmény, mely a hagyományokra nagy hangsúlyt fektet. A vizsgálatainkhoz szükséges adatokat a keszthelyi meteorológiai mérőállomás regisztrátumai szolgáltatták. A Tanszék 1968 és 1999 közötti időszakra vonatkozóan bocsátotta rendelkezésre havi bontásban a napfénytartam adatokat. Az adatelemzéshez ezekből éves és évszakos napfénytartam-összegeket képeztünk a meteorológiában szokásos bontásban (tavasz: március, április, május; nyár: június, július, augusztus; ősz: szeptember, október, november; tél: december, január, február). Az adatok a keszthelyi Observatórium méréseiből származnak azonos módszerrel, változatlan mérőhelyen mérve, így az inhomogenitás problémája elhanyagolható. Ez a meteorológiai állomás 1966-ban kezdte meg működését, viszont a keszthelyi meteorológiai mérések kezdetei 1871-ig visszanyúlnak. Az Observatórium a Balaton parthoz közel üzemelt, de a siófoki állomáshoz képest kisebb tavi behatást kapott (Kocsis és Anda, 2006).

A méréseket a Campbell-Stokes rendszerű napfénytartam-mérővel végezték (1. ábra), melynek legfontosabb alkotórésze egy 96 mm átmérőjű, 1,52 törésmutatójú üveggömb, amely a ráső párhuzamos direkt sugárnyalábát a fókuszfelületének a Nappal átellenes pontjában gyűjti össze. A fókuszfelületnek azon sávjában, ahol az adott helyen és évszakban lehetséges Nap-pályák képződnek le, papírszalagot lehet elhelyezni, amelyen a fókuszált direkt sugárzás égetési nyomot hagy. A napszalagról leolvasható a napsütés ideje, mivel órabeosztás van rajta. Küszöbérzékenysége 70 és 300 W/m² direkt sugárzás tartományban változik. A pörkölési küszöb színfüggő, valamint a nedvesség is befolyásolja (Szász és Tőkei, 1997). A tényleges napfénytartam a napkelte és a

1. táblázat: Az éves napfénytartam adatsor (1968-1999) néhány statisztikai jellemzője, a minimum- és a maximum érték mellett zárójelben az előfordulásuk éve szerepel

Statisztikai jellemző	Érték (óra)
Átlag	2043,2
Szórás	143,11
Minimum	1748,8 (1972)
Maximum	2257,2 (1990)
Terjedelem	508,4

napnyugta között olyan időszak, amelynek során a nap-sugarak a napfénytartam-mérő műszer szalagján képesek égetési nyomot hagyni (Varga-Haszonits et al, 2006).

A rendelkezésre álló adatokat egyszerű leíró statisztikai jellemzőkkel (számtani átlag, szórás, terjedelem) (Péczeley, 1979) és az idősor-elemzési technikák közül lineáris trendszámítással valamint mozgóátlagolással jellemeztük. A lineáris trendszámítás (Kardosné és Vargáné, 2000) eredményének értékelését 5%-os szignifikancia szinthez tartozó kritikus R² érték (0,127, minta-elemszám: 31, szabadságfok: 29) alapján végeztük. Az idősor-elemzésnél alkalmazott lineáris trendszámítás nem más, mint olyan lineáris regresszió, ahol az egyik változó az idő (Anda és Kocsis, 2006), így R² determinációs együttható értékét visszavezettük *r* lineáris korrelációs együtthatóra a szignifikancia megállapításához. A mozgóátlagolás egy másik idősor-elemzési módszer, ahol láncolatosan tovahaladó számtani átlagokat képzünk. Ezzel a módszerrel „kismítható” az adatsor. A mozgóátlagolást *k*=3 tagszámmal végeztük vizsgálatainkban.

Eredmények. Az éves napfénytartam adatok elemzése.

Az éves napfénytartam adatok elemzését a leíró statisztikai

kai jellemzők meghatározásával kezdtük, melyeket az 1. táblázat mutat be.

Az adatsorban 1968 és 1999 között bekövetkezett esetleges változást első lépésben a lineáris trend alkalmazásával jellemeztük. A trendvonal illeszkedése R² (0,2318) alapján szignifikáns, vagyis statisztikailag igazolt 5%-os szignifikancia szint mellett a változó tendencia, hiszen az általunk számított R² érték meghaladja a táblázatbeli kritikus R² értéket (0,127). A változás mértéke 7,35 óra/évnek adódott (2. ábra). Az emelkedő tendenciát a mozgóátlagok sora is jól jelzi, mely kisebb ingadozásokkal, de folyamatosan emelkedő tendenciát mutat. Az idősor-elemzés eredménye arra utal, hogy 1968 és 1999 között az éves napfénytartam összegek nőttek, vagyis

2. táblázat: A téli napfénytartam adatok statisztikai jellemzői (1968-1999), a minimum- és a maximum érték mellett zárójelben az előfordulásuk éve szerepel

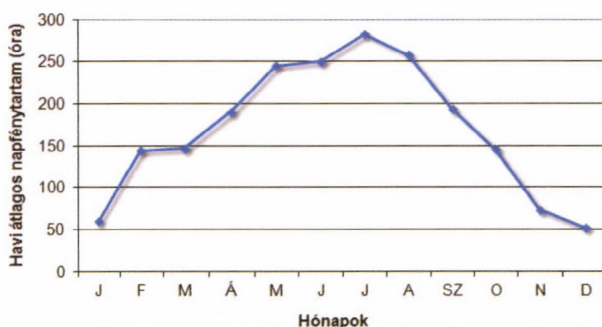
Statisztikai jellemző	Érték (óra)
Átlag	257,02
Szórás	79,7
Minimum	131,9 (1984)
Maximum	434,1 (1971)
Terjedelem	302,2

napsütésben gazdagabbá vált Keszthely térsége, a felhőzet jelenléte, a borultság feltehetően ezzel párhuzamosan csökkenhetett. Ez egybeesik Mika (2002) kijelentésével, hogy az üvegházhatás erősödésével a hazai éghajlat napfényben gazdagabbá válása várható, legalábbis a melegedés kezdeti, néhány évtizedes tartományában.

Az évszakos napfénytartam adatok elemzése

A téli hónapok napfénytartam adatainak elemzését szintén a leíró statisztikai jellemzők meghatározásával kezdtük, melyeket a 2. táblázat foglalja össze.

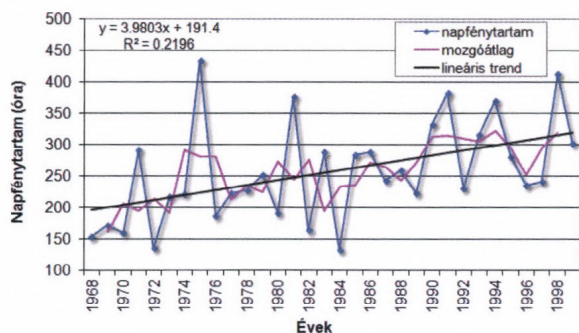
A téli napfénytartam adatok elemzése során szignifikáns lineáris változási tendencia rajzolódott ki. A változás tendenciája a lineáris trendszámítás alapján 3,98 óra/évnek adódott (3. ábra). Ezek szerint a vizsgált időszakban télen növekedett a napsütéses órák



7. ábra: A napfénytartam éves menete Keszthelyen a havi átlagértékek alapján 1968-1999 között

száma. A 3. ábrán láthatjuk a mozgóátlagok sorát is. Ebből is kitűnik az emelkedő tendencia, de megfigyelhető, hogy a vizsgált időszak első felében (1974-1976) is találkozhatunk olyan évekkel, amelyekben hasonlóan magas értékeket ad a mozgóátlag, mint az időszak második felében (1990-1994).

A tavaszi hónapok napfénytartam adatait leíró statisztikai jellemzőket a 3. táblázat mutatja be.



3. ábra: A télen mért évszakos napfénytartamok tendenciája Keszthelyen 1968-1999 között

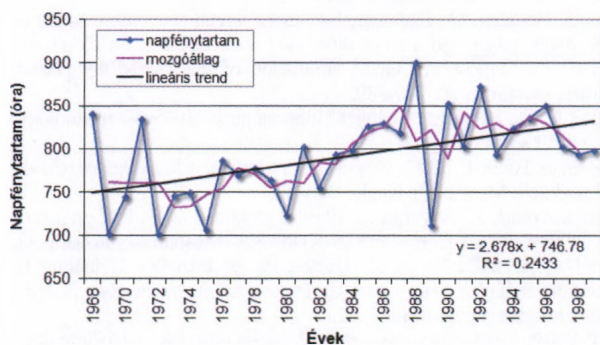
3. táblázat A tavaszi napfénytartam adatok statisztikai jellemzői (1968-1999), a minimum- és a maximum érték mellett zárójelben az előfordulásuk éve szerepel

Statisztikai jellemző	Érték (óra)
Átlag	582,8
Szórás	59,4
Minimum	473 (1980)
Maximum	715,7 (1968)
Terjedelem	242,7

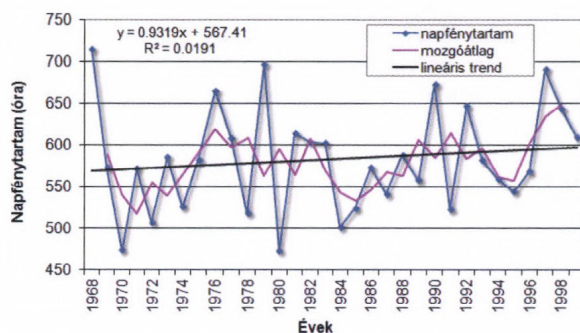
5. táblázat: Az őszi napfénytartam adatok statisztikai jellemzői (1968-1999), a minimum- és a maximum érték mellett zárójelben az előfordulásuk éve szerepel

Statisztikai jellemző	Érték (óra)
Átlag	412,4
Szórás	55,4
Minimum	303,5 (1976)
Maximum	510,9 (1989)
Terjedelem	207,4

A tavaszi napfénytartam adatok tendenciája a lineáris trendszámítás alapján 0,93 óra/év emelkedést jelezne, azonban ez az eredmény R^2 értéke alapján nem takar szignifikáns változást. Másképpen megfogalmazva: a tavaszi napfénytartam adatokban nem mutatható ki változás a lineáris trendvizsgálat alapján (4. ábra). A mozgóátlagok sem mutatnak olyan időszakokat, amikor jelentősebb változás látható, leszámítva az adatsor utolsó éveit, ahol a mozgóátlagok folyamatosan emelkednek (1995-1999).



5. ábra: A nyáron mért évszakos napfénytartamok tendenciája Keszthelyen 1968-1999 között



4. ábra: A tavasszal mért évszakos napfénytartamok tendenciája Keszthelyen 1968-1999 között

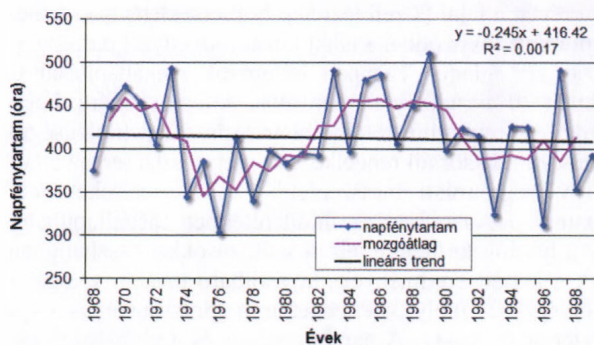
4. táblázat: A nyári napfénytartam adatok statisztikai jellemzői (1968-1999), a minimum- és a maximum érték mellett zárójelben az előfordulásuk éve szerepel

Statisztikai jellemző	Érték (óra)
Átlag	791
Szórás	50,9
Minimum	701,6 (1972)
Maximum	900,6 (1988)
Terjedelem	199

A nyári napfénytartamokat jellemző statisztikai mutatókat az 4. táblázat foglalja össze. Látható, hogy átlagosan 791 óra direkt napsütés volt tapasztalható a nyári hónapok során Keszthelyen a vizsgált időszakban.

A nyári napfénytartam adatok tendenciája a lineáris trendszámítás alapján szignifikáns változást mutat, melynek mértéke 2,68 óra/év (5. ábra). A mozgóátlagok 1983-1987 közötti időszakban folyamatosan emelkednek, de az időszak végére (1995-1999) csökkenés következett be a mozgóátlagok sorában.

Az őszi napfénytartam adatokat jellemző statisztikai mutatók az 5. táblázatban kerülnek megjelenítésre. Az őszi napfénytartam adatok alakulásában nem tapasztalható szignifikáns lineáris változás. A trendvonal a napfénytartamok csökkenését mutatná (-0,25 óra/év), de ez az eredmény R^2 alapján statisztikailag nem igazolt (6. ábra). A mozgóátlagok sora erős csökkenést mutat 1970 és 1981 között, majd emelkedés figyelhető meg (1982-1990), utána pedig újra csökkenés tapasztalható (1991-1999) (6. ábra).



6. ábra: Az ősszel mért évszakos napfénytartamok tendenciája Keszthelyen 1968-1999 között

Havi napfénytartam elemzés. A napfénytartam évi menetét a havi adatokból számított átlagértékek alapján a 7. ábra mutatja be. Ez az évi menet megfelel a Magyarországot jellemző éves menetnek, vagyis a maximum július hónapban következett be. A havi bontású elemzés esetében a lineáris trendek alakulását vizsgáltuk meg. Eredményeinket a 6. táblázat mutatja be. Február és augusztus hónapokban tapasztalható szignifikáns változás, a többi hónap esetében nem mutatható ki módosulás. Februárban 3,01 óra/év, augusztusban 1,68 óra/év emelkedés tapasztalható.

Következtetések. Vizsgálatainkban éves, évszakos és havi bontásban elemeztük a Keszthelyen 1968 és 1999 között mért napfénytartam adatokat egyszerű éghajlat-statisztikai módszerekkel. Eredményeink alapján elmondható, hogy az éves adatokban lineáris növekvő tendencia mutatható ki (7,35 óra/év). Ez egybecseng Mika (1988, 2002) megállapításával, miszerint hazánk éghajlata napfényben gazdagabbá válik, legalábbis a felmelegedés kezdeti szakaszában. Az évszakos bontásban elvégzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy télen (3,98 óra/év) és nyáron (2,68 óra/év) statisztikai értelemben bizonyíthatóan emelkedés következett be a napfénytartam adatokban. A havi adatsorok közül csak február és augusztus hónapban tapasztalható lineáris emelkedő tendencia.

6. táblázat A havi adatok alakulásának tendenciái Keszthelyen (*dőlt felírással jeleztük azokat az R^2 értékeket, amik szignifikáns változást takarnak)

Hónap	Trend egyenes által jelzett változás (óra/év)	R^2
Január	0,5202	0,0377
Február	3,0118	0,2261*
Március	0,483	0,0166
Április	0,0913	0,0012
Május	0,3576	0,0075
Június	0,384	0,0202
Július	0,616	0,031
Augusztus	1,678	0,2076*
Szeptember	0,5649	0,0209
Október	0,2026	0,0045
November	0,6072	0,0434
December	0,4484	0,0414

Az emelkedő napfénytartam a talajfelszín sugárzásbevitelét növelheti, így fokozhatja a párolgást, és a felszín melegítése révén a talaj közeli légréteg hőmérsékletét is emelheti, ami miatt fokozódhat a talajt borító növényzet párologtatása is. Az átlagos éghajlati jellemzők megállapításához elegendő 30 év adatainak elemzése. Annak ellenére, hogy éghajlati szempontból történő elemzéshez éppen elégségesen hosszú adatsor áll rendelkezésre, természetesen az adatsor rövidege miatt messzemenő következtetéseket nem vonhatunk le, azonban az mindenképpen megállapítható, hogy a hazánk területére jelzett változásokkal összhangban állnak a kapott eredmények. Javasolható további vizsgálatok elvégzése, mely kiterjedhetne a globálisugárzás és a felhőzet adatsorokra. A napfénytartam és a globálisugárzás egymásba átszámítható, így hosszabb adatsorhoz juthat-

nánk, amelynek elemzése bővíthetné Keszthely helyi klímájának módosulásában bekövetkező jelenségek elemzéseit.

Köszönetnyilvánítás.

A szerzők köszönetüket fejezik ki Prof. dr. Anda Angélnak, a Pannon Egyetem Georgikon Kar Meteorológia és Vízgazdálkodás Tanszék vezetőjének, az elemzés alapjául szolgáló adatok rendelkezésre bocsátásáért. Jelen publikáció eredményei Szabó Bence szakdolgozatának vizsgálatain alapulnak.

Irodalom

- Almorox, J., Hontoria, C. 2004: Global solar radiation estimation using sunshine duration in Spain. *Energy Conservation and Management*, 45: 1529-1535.
- Anda, A., Kocsis T. 2006: Szemelvények meteorológiából és éghajlattantól alapszakos hallgatók számára. PE-GMK Nyomda, Keszthely
- Anda A., Kocsis T. 2010: Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek. Mezőgazda Kiadó, Budapest: 195-196.
- Bartholy, J., Mika J., Pongrácz R., Schlanger V. 2005: A globális felmelegedés éghajlati sajátosságai a Kárpát-medencében. In: Takács-Sántha A. (szerk.): Éghajlatváltozás a világban és Magyarországon. Alinea Kiadó – Védegylet, Budapest: 105-139.
- Bella, Sz. 2009: A 2008. év időjárása. *Légkör* 54 (1): 11-14.
- Chen, R., Kang, E., Ji, X., Yang, J., Zhang, Z. 2006: Trends of the global radiation and sunshine hours in 1961-1998 and their relationships in China. *Energy Conservation and Management*, 47: 2859-2866.
- Curforth, H. W., Judiesch, D. 2007: Long-term changes to incoming solar energy on the Canadian Prairie. *Agricultural and Forest Meteorology*, 145: 167-175.
- El-Metwally, M. 2005: Sunshine and global solar radiation estimation at different sites in Egypt. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 67: 1331-1342.
- Kardos, Z. né - Vargáné Dugonics R. 2000: Alkalmazott statisztika, Keszthelyi Akadémiai Alapítvány, Talentum Kft., Budapest
- Kocsis, T. (2008): Az éghajlatváltozás detektálása és hatásainak modellezése Keszthelyen. PhD értekezés
- Kocsis, T., Anda, A. 2006: A keszthelyi meteorológiai megfigyelések története. Kiadó: PE-GMK Nyomda, Keszthely
- Magyarország éghajlati atlasza, 2004: Országos Meteorológiai szolgálat
- Mika, J. 1988: A globális felmelegedés regionális sajátosságai a Kárpát-medencében. *Időjárás* 92, 178-189.
- Mika, J. 2001: Regionális éghajlati forgatókönyvek. Földrajzi Konferencia, Szeged
- Mika, J. 2002: A globális klímaváltozásról. *Fiz. Szemle* 9, 258-268.
- Mika, J. 2005: Globális klímaváltozás, magyarországi sajátosságok. *Agro-21 Füzetek* 41, 7-17.
- Móring, A. 2011: 2010 év időjárása. *Légkör* 56(1): 38-42.
- Pallé, E. és Butler, C. J. 2002: Comparison of sunshine records and synoptic cloud observations: a case study for Ireland. *Physics and Chemistry of the Earth*. 27. 405-414.
- Péczy, Gy. 1979: Éghajlattant, Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Szeged
- Pongrácz, R., Bartholy, J. és Miklós, E. 2011: Analysis of projected climate change for Hungary using ENSEMBLES simulations. *Applied Ecology and Environmental Research* 9(4), 387-398.
- Quaas, J., Boucher, O., Dufresne, J.-L. és Le Treut, H. 2004: Impacts of greenhouse gases and aerosol direct and indirect effect on cloud and radiation in atmosphere GCM simulation of the 1930-1989 period. *Climate Dynamics* 23, 779-789.
- Schulze, E.-D., Beck, E. és Müller-Hohenstein, K. 2005: *Plant Ecology*. Springer, Germany. pp. 627
- Szász, G. és Tökei, L. 1997: Meteorológia mezőgazdák, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Varga-Haszonits, Z. és Varga, Z. 1999: Agroklimatológia I. (Éghajlat és növénytermesztés). Competitor-21 Kiadó Kft., Mosonmagyaróvár p 98.
- Varga-Haszonits, Z., Varga, Z., Lantos, Zs. és Enzsölné Gelencsér E. 2006: Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák. NyME-MEK, Mosonmagyaróvár
- Vig, P. 2009: Az inszoláció változásának hatása az erdők vízháztartására. *Klíma-21 Füzetek* 57: 83-90.

ZIVATAROK – VILLÁMCsapások és Tanulságok

THUNDERSTORMS – LIGHTNING STRIKES AND LESSONS

Kósa-Kiss Attila

RO-415500. Salonta, Str. I. C. Bratianu 3. akosakiss@yahoo.com

Összefoglalás A szerző az alábbiakban heves zivatarok kísérő-jelenségeit, azok hatásait igyekszik bemutatni megtörtént eseményeken keresztül.

Abstract. The author of the following study describe the effects of accompanying phenomena of the intense thunderstorms through real events

A villám(csapás) természete. Az ókori görög mitológiában Héphaisztosznak, a csúf, sánta, de erős és nem utolsósorban ügyes istennek kovácműhelye volt az Olümposz hegyen, illetve a későbbi hagyomány szerint az Etna kráterében, ott készítette Zeusz főisten fenyítőeszközét, a villámokat. A görög, majd a középkori természettudósok a levegőbe jutó gázok robbanásszerű hevüléséről beszéltek, mármint szerintük a villám így keletkezhet. A villám elektromos természetét tudomásunk szerint Hawksbee angol természettudós még csak megsejtette, a német Winkler már határozottan kiállt eme elképzelés mellett, majd 1746-ban Benjamin Franklin amerikai tudós le is írta, miként lehetne kísérletileg igazolnia a légből származó elektromos kisülést, kiragadva a villámot az ég kezéből. Nem szabad figyelmen kívül hagynunk még valamit, vagy pontosabban valakit. A német származású orosz tudós, Georg Richmann villámhárítóval kísérletezett. Barátja, Lomonoszov szerint „az orrával érezte a vihart”, már akkor sejtette a kipattanását, amikor még felhőtlen volt az ég. Így jelezte előre sikerrel azt a zivatart, amelynek egy villámcsapása végül is a halálát okozta. Eképpen nem feltaláló lett, hanem a tudomány áldozata.

A légtér, amiben élünk, nagyon csekély villamosságot tartalmaz. A zivatarfelhők hatalmas tömbjei viszont telítettek elektromossággal. A viharfelhőn belüli egyes helyek, valamint a Föld és a felhő között roppantul nagy villamos feszültség alakul ki, a feszültségkülönbség gyakran sok millió voltnyi (összehasonlításképpen, lakásunk villamos hálózatában többnyire 220 voltnyi feszültséget használunk). A felleg újabb és újabb ionokat (pozitív és negatív villamos töltéseket) termel. A fejlődő zivatarfelhők felső részében a pozitív, alsó részében a negatív ionok uralkodnak. A feszültség addig nő, amíg az egy centiméterre jutó feszültségkülönbség el nem éri a harmincezer voltot. Ennek bekövetkezése után létrejön az elektromos kisülés, vagyis a villám.

Amikor a levegőnek egy kicsiny, szűk csatornáján át hatalmas arányú villamos áram indul meg, villámról beszélhetünk. Az egymással ütköző töltött elektromos részecskék, az ionok kölcsönhatása olyan heves, hogy a villám csatornájában a hőmérséklet elérheti a 15 ezer Celsius fokot. Ezen a hőfokon az anyag a negyedik halmazállapot, a plazma jellegűt viseli. Nem csoda, hogy a villámnak gyújtó, romboló hatása van. Ha kipattan az égi szikra, néhány ezredmásod-

percig ugrál, szökell, keresi a földfelszínről jobban kiemelkedő tereptárgyakat: magas, magányos fákat, épülettornyokat, szénakazlakat, villamos távvezetéseket és lecsap. A lesújtó, de még ereszkedésben levő villámmal egyidejűleg lentől fölfelé mozgó úgynevezett ellenkisülés indul útjára. Tehát a villám gyakorlatilag nem a föld, hanem az ég felé irányul, mondhatnánk azt is, hogy a föld villámlik. Úgy tűnik, mintha a vakító fény másodperc(ek)ig is eltart, az igazság azonban az, hogy csak ezredmásodpercig él – egy ideig ugyanis még azután is észleljük a villanást, amikor a jelenség már véget ér, amit szemünk csalóka utóképeinek tulajdoníthatunk. A villám izzó, zezzugos, sokszorosan megtört vonala kezdetben egy-két centiméteres vastagságú, később tíz centiméteres nagyságúra is hízhat. Hossza általában egy-két kilométer, de fényképfelvételek tanúsága szerint a fénykígyó elérheti a 40 kilométert is. Kis keresztmetszetének köszönhetjük, hogy egy lépéssel a szénaboglya mellé csapódva a szénát nem gyújtja meg. Statisztikai számítások alapján bolygónkon másodpercenként 100 villám keletkezik, ezeknek túlnyomó többsége az Egyenlítő mentén jön létre, ahol napi gyakoriságú az égiháború. Naponta több, mint 1800 zivatar tombol, a legtöbb a trópusok fölött, ezekből ugyancsak naponta legkevesebb nyolcmillió villám csap le.

Saját élmény. A természet kutatása közben előfordul, hogy az ember olyan helyzetbe kerül, amikor az élete veszélyben foroghat. Sajnos nem túl ritkán hívom ki magam ellen a sorsomat. Lakóhelyemen, Nagyszalontán, 1985. május 21-én 18,10 óra körül Kuzkusz nevű kutyánk nagyon nyugtalanlanná vált a konyhában, ugyanis kevéssel a heves zivatar kipattanása előtt észrevétlenül beosont és egyenesen a heverő alá bújt. (A történészek szerint Caesar római császár is borzasztóan félt a villámlástól és a dörgéstől: ha kitört az „égiháború”, nyomban asztal vagy ágy alá rejtőzött.) Kimentem az udvarra, az eresz alá, hogy kövessem a zivatart lefolyását. Másodpercek teltek csak el, mire erős fényvillanás vakított el. Ösztönösen behunytam a szememet, de előtte annyit meg tudtam állapítani, hogy a villám tőlem mintegy tizenöt méternyire csapott le: egy betonoszlop rövid vasrúdja fölött körülbelül fél méter hosszú, elektromoskék színű, vibráló görbe fényvonal látszott a másodperc töredékéig. Magam is megremegtem az ijedségtől. A fény-

jelenséggel teljesen egyidejűleg rettenetes erejű csattanás hallatszott, majd rögtön ezután egy még erősebb, dobhártyatépő, kínos lassúsággal lecsengő, csikorgó robaj. Nagyon valószínű, hogy az úgynevezett ellenkiszülést észleltem, amellyel később a magasból egyesült a villám.

Esetleírások Nagy Britanniából. „Egy ember megúsza a villámcsapást” – közölte a londoni *The Sun* 1999. május 31-ei száma, majd így folytatja: „A Dél-Wales-i Bedwas helységben dúló viharban villám csapott Robbie-John Blanchard fémbetétes baseball sapkájába, ami azonnal ki-gyulladt, ám viselőjének csak néhány hajszála perzselődött meg, mivel a gumitalpú cipő jó szigetelőként megmentette viselője életét. A 25 éves fiatalember ezt nyilatkozta: ‘Amint beléptem a boltba, éles csattanást hallottam, körülöttem minden fénybe borult. A boltos hölgy elkiáltotta magát, hogy ég a fejem. Jaj nekem, rémültem meg. Nyomban lekaptam a fejemről a sapkát és a falhoz vágtam. Egyébként én semmit sem éreztem, de a sapkám csúnyán megégett.’ Robbie 19 éves barátnője mellette állt, amikor a mennykő lecsapott: ‘Hihetetlenül erős volt a fényvillanás. Fölnéztem, és láttam, amint lángra kapott a sapkája. Bámulatos volt!’ John Robinson meteorológus: ‘Úgy tűnik, a sapka fémbetéte játszotta az elektromos vezető szerepét, ilyen tekintetben az érintettet még balszerencsésnek is kellene tekintenünk, ámde a cipője megmentette, mivel elektromosan elszigetelte a földtől.’ Chiddingfold helységben a 75 esztendő Pauline Thompson-nak nem volt ekkora szerencséje, mert a lesújtó villám a levegőbe emelte és másfél méterre taszította. A hölgy keze megégett, ezenkívül zúzódásokat és vágási sérüléseket szenvedett.”

„Halál a Kinai Falnál” számolt be egy másik londoni lap, a *Daily Mail* 1998. október 21-én. A cikk szerint egy brit fiatalasszony, Laura Burningham villámcsapás áldozatául esett, miközben barátjával, Paul Grele-vel (akinek a szülei Pekingben élnek) a Kinai Falon tartózkodtak. Hosszú gyalogos túra után lefelé tartottak a falon, miközben kitört a vihar és sűrűn csapkodtak a villámok. “ – Kétségbeesve rohantunk, hogy elérjünk egy kőépületet, valamilyen figye-lőtornyot. Amikor már fedél alatt voltunk, villám csapott a toronyba. Laura pillanatok alatt meghalt.” „Még csak 29 éves volt, francia és spanyol nyelvet tanított – zokogta 64 éves édesapja a riporternek. – Paulnak sem szájon keresztüli újraélesztéssel, sem pedig szvmasszázzsal nem sikerült visszahoznia Őt.”

„Villámcsapások a Brit-szigeteken 2002-ben” című tanulmányukban a *The Journal of Meteorology* angol folyóirat oldalain Derek Elsom és Jonathan Webb egyetemi professzorok arról tudósítanak, hogy 18 olyan személytől kaptak bejelentést, akiket közvetlen vagy közvetett villámcsapás ért. Egy 23 éves korú fiatalembert akkor érte a halál, amikor egy fa alatt húzódott meg vihar elől két hasonló korú hölgytársával a Leicestershire-megyei Leicester-ben augusztus 3-án. „Néztük a futballedzést, amikor kitört a vihar – emlékezett vissza az egyik nő. – Villámütés érte a combomat, olyan erejű, hogy kifehéredett, a térdkalácsom

megkékült.” A másik hölgy ágyéktájékon sérült, ők ketten kórházi kezelést igényeltek. 1999. óta ez volt az első halál-eset a szigeteken, amikor is két asszonyt sújtott végzetes villámcsapás szeptember 22-én a londoni Hyde-parkban. 2002. május 17-én (South Molton, Devon megye) délben egy asszonyt ért villámcsapás, miközben telefonált. „Vakító fényű villám tépte ki a telefont a kezemből” – idézte föl a történeteket a hölgy, aki a kezén görcsös fájdalmat érzett. A telefon keresztülrepült a szobán. Június 2-án (New Ross, Írország) három ember, egy apa és két fia közé csapott a villám, akik egy horgászklub háromnapos rendezvényén vettek részt. A villám földhöz csapta őket, sérülésük rövid kórházi kezelést igényelt. Június 10-én (Bury St. Edmunds, Suffolk megye) délután vadászat közben villám csapott a ‘Cseresznyafa Iskolába’. Az eset a főépületben történt, ahol egy tűzhely gyulladt ki az emeleten, de lángrakapott a padlódeszka, egy függöny és a fal is. Komputerek és modemek mentek tönkre. A tűzriasztók ki voltak kapcsolva. Egy tanárnőt talált el a villám, miközben kivezette a gyerekeket a helységből, ám sérülése nem bizonyult súlyosnak. Ugyanazon a napon (Ixworth, Suffolk megye) villám csapott egy másik épületbe, lyukat ütött a tetőn, és megrongálta az elektromos kábeleket. Egy bent tartózkodó tanácsost elektromos ütés ért a kezében tartott telefonon keresztül, akit jó néhány méterre taszította a villám. Július 29-én (Wigston, Leicester megye) kora este a villám egy házba csapott, amelynek kicsi, zárt, belső udvara volt és a kapu kitárva. „Hirtelen egy csillogó vörös fénylabda jelent meg, bejött a házba, és végigjárta azt” – emlékezett vissza a lakásban tartózkodó asszony. A jelenség csekély égő szagot hagyva maga után tűnt el. Egy 11 éves lány kezén halvány vörös folt jelent meg. „Csípést éreztem a homlokomon, mintha egy kissé megégett volna ott a bőröm, aztán ugyanezt tapasztaltam a combomon is.” – mondta, aki két, fémből készült nagy hajcsatot viselt a hajában, amikor az eset megtörtént. Július 31-én (Hungerford, Berkshire megye) óriási elektromos kisülés villant az égből, vakítóan kék ragyogás töltötte be a környezetet, roppant nagy dőrej kíséretében. John Weevers, aki rendszeresen figyeli a viharokat, enyhe áramütést érzett a mellkasán. Az ajtók, ablakok tárva voltak. A padlástérben a parabolaantenna, a szobában a televízió ment tönkre. A közeli házakban is tapasztaltak rongálódást az elektromos készülékekben. Augusztus 3-án (Canterbury, Kent megye) egy férfi esernyőt tartott a kezében, és miközben az általános iskolai ünnepség előtt a helység díszítésén segédkezett, lecsapott a villám. Nem ütötte ki kezéből az ernyőt, de a jobb keze, amivel az ernyőt tartotta, teljesen elzsibbadt, annyira, hogy két napig egyáltalán nem érezte. A villám égésnyomot hagyott a csuklóján. Augusztus 7-én (Woolwich, London körzete) kora este villám sújtott egy házat, amelynek következtében egy ablak összetört, a tető égni kezdett. A bent tartózkodó 27 éves korú hölgyet a villám ereje oldalt lökte, az asszony 9 éves gyermeke fejét megsebeztek az ablak szertrepülő üvegtörmelékei. Televízió, videó és játékasztal károsodott. Augusztus 18-án (Boston, Lincolnshire megye) villám csapott egy lakóházba, ahol egy személy a konyha vízcsapja mellett tartózkodott.

Az illető elvesztette az eszméletét és a földre zuhant. A közelben teljesen leégett egy sztereókészülék. November 23-án (Hawkes Point-Porth Kidney Sands, Carbis-öböl, St. Ives közelében, Cornwall megye) késő délután egy csoport szörfözőt ért villámcsapás. Közülük négyet ütött ki a villám, ketten eszméletüket veszítették, őket helikopterrel szállították a Truro-i Treliske nevű kórházba. Egyikőjüknek, egy 21 éves hölgynek megállt a szíve, s csak hosszú újraélesztéssel tudta visszahozni az életbe egy szolgálaton kívüli orvos és egy motoros mentős, akinél szerencsére volt defibrillátor. A beteg három napig volt eszméletlen állapotban az intenzív osztályon, tíz nap múlva hagyhatta el a kórházat. „Mindenki visszatért – nyilatkozta egy másik szörföző. – Erős fájdalmat éreztem a fejemen, olyant, mintha pörölycsapás ért volna és pokolian fájó méhcsipés.” A villám először egy sziklaszirten álló fába csapott bele, kettéhasítva azt, csak azután lendült ki a tengerre. A 21 esztendőes hölgy járt a legrosszabbul, mivel bokáját mélyen a vízbe mártva tartotta, amikor a villám belecsapott.

Elsom és Webb a 2003. esztendőre is elkészítették jelentésüket. Eszerint összesen 11 olyan nap akadt, amikor 17-szer ért villámcsapás 46 személyt a Brit-szigeteken. Ez arra utal, hogy a lesújtó villám alkalmanként embercsoportot is eltalált. Egy 20 éves fiatalember június 22-én vesztette életét e természeti jelenség miatt. Késő délután villám csapott két golfjátékosba – olvasható a tanulmányban –, midőn azok egy-egy fa alatt kerestek menedéket egy kisebb domb tetején a váratlanul kitört viharban a Northampton-i Kingsthorpe golfklub területén. Egyikük, aki üvegszálas anyagból készült esernyőt tartott a kezében, komoly sérülést szenvedett. Kétszer állt meg a szíve, a mentőknek mind a két alkalommal sikerült újraéleszteniük. Helikopterrel szállították a Northampton-i Általános Kórház intenzív osztályára, ahol égési sérüléseit is ellátták. A beteg ezután a Stoke Mandeville-i Kórházba került, de az életét már nem lehetett megmenteni, mivel agysérülése túlságosan súlyosnak bizonyult, égési sebei pedig nagy kiterjedésűek voltak. A mellette egyetlen méterre álló 32 éves társa a villámlás pillanatában rövid időre elvesztette az eszméletét, a szeme tájékán enyhén megégett az arca. Ennél több haláleset szerencsére nem történt a Brit-szigeteken a 2003-as év folyamán. Május 14-én délután egy 50 esztendőes golfjátékos lett egy vihar áldozata, akibe egymás után kétszer is belecsapott a villám az Orton Meadows golfpályán, Peterborough-nál. A villám a fémet tartalmazó esernyőt találta el a pálya 14. számú lyukánál. Az illető érezte, amint az elektromos töltés a teste irányába, lefelé végigszaladt a karján, noha sérülést nem szenvedett el. Körülbelül félórával később a villám hogy, hogy nem, újból lesújtott rá, ezúttal a 17. számú lyuknál. „Epp ott tartózkodtam – mesélte –, amikor hallottam a mennydörgés borzasztóan erős hangját. Óriási fény villant, s abban a pillanatban megint villamos töltés futott végig a kezemen. Olyan szerű lökés volt, mintha valami drót megrántott volna, s ennek az erőnek a hatására az esernyő egyszerűen kirepült a kezemből. Az esernyő meggörbült. A vállamra tettem, ez pedig nagyon rossz döntésnek

bizonyult, mert tűszúrások sorozatához hasonló fájdalom hasogatott a karomba a vállamtól lefelé.” Azért minden jó, ha a vége jó: sikerült megnyernie a golfjátzmát. (Ez az eset nem egyedi. Ugyancsak Angliában történt, hogy egy motorkerékpárost útközben 6 kilométeres távolságon belül kétszer is ért villámcsapás. A rekordot egy amerikai férfi tartja, akit 1942-1977 között hét alkalommal sújtott villám – szerző megjegyzése.) Augusztus 10-én délben igen heves zivatar keletkezett négy olyan villámlás, amelyek labdarúgó mérkőzésen csaptak le egyszerre sportolók és nézők közé Birmingham-ben. A legszerencsétlenebbül egy 40 éves asszony járt, akibe akkor sújtott villám, amikor a futballlabda a partvonal irányába, éppen feléje szállt. A hölgy szívverése kis időre megállt, testének 30 százaléka megégett: a mellkasánál és teste más részein, a haja különösképpen. Ruházata meggyulladt és fölhasadt, a nyakában lógó aranylánc megolvadt. A mellette álló leányát a villám a lábán égette meg. Egy másik asszony könnyebb égési sérülést szenvedett, 14 játékost pedig a földhöz vágott a villám, ám csak egyikük nem úszta meg égési sebek nélkül: neki a szeme környékén keletkeztek égési pörkők. 19 szurkolót el kellett látniuk a mentőknek. Aznap pár órával később Warwickshire megyében, Corley-ban egy mezőgazdasági farm bemutatásán is zivatar volt. Egy hölgyvendég esernyőjébe csapott a villám, aminek hatására az asszony mellkasán komoly égési sebek képződtek. Öt másik ember is megsérült. A villám abban a pillanatban sújtott le, amikor egy 44 éves férfi valamilyen oknál fogva ugrott egy nagyot a magasba. Volt, aki a szemén sérült meg, egy 14 éves kislány hastáji kezelésre szorult. A bemutató abbamaradt. Május 13-án női rendőrtisztbe csapott a villám. A hölgy kerékpárral vett üldözőbe egy motorral elrobogó gyanúsítottat a West Sussex megyei Crowley-ban, aki lopott zsákmányával próbált kereket oldani. A rendőrnő egy mellékcaból eléje vágott, egyre közeledett hozzá, s már arra készült, hogy elkapja és megbilincselje, amikor úgy érezte, hogy egy villám kínzó fájdalmak közepette megrázta a kezét, majd ledobta a kerékpár üléséről. Szemtanuk szerint mindent hatalmas fény árasztott el. A villámlás pillanatában a rendőrtiszt kezéből kihullott a lőfegyver, csilingelve koppant az úttest kövezetén. A rablónak sikerült kereket oldania. Augusztus 10-én a Liverpool-i Waterloo Parkban séta közben ért villámcsapás a fején egy 35 éves embert. A hátán szenvedett égési sérüléseket. A villám olyan erővel taszította meg a szerencsétlent, hogy az pár métert repült a levegőben, míg földet nem ért egy mély tócsában. Eszméletlen állapotba került, több foga kitört, az orra és az állkapcsa is megsérült. Egy hétig feküdt kórában. A Fazakerley nevű kórházban tért magához. Újsághírekben közzétett oknyomozói feltételezések alapján a villám előbb az áldozat nyakában lógó aranyláncsal került érintkezésbe. Épületen belül is előfordult villámcsapás, összesen négy alkalommal, mindegyik esetben az illetők éppen telefont tartottak a kezükben. Az első ilyen jelenségre május 17-én este került sor Halesoven-ben, West Midlands megyében. Három ház rongálódott meg. Egy 71 év korú asszony kórházi kezelésre

kényszerült, miután telefonbeszélgetés közben megégett az arca, megperzselődött a haja, s egy időre elveszítette a hallását. Augusztus 5-én délután a Somerset megyei Tauntonban villám sújtott egy házat, amelyben valaki telefonált. Az illető olyasmit tapasztalt, mintha ágyútűz dördült volna el a saját fejében. A villám a telefonkagylót kiütötte a kezéből, őt magát pedig a földhöz csapta; a hátára esett. Hosszasan rázkódott a félelemtől és időlegesen elment a hallása. Augusztus 11-én kora délután a Lincoln megyei Bracebridge Heath-ben egy félig elválasztott falú épületbe vágódott a villám, amelynek kéményét ledöntötte. Téglá- és betondarabok hullottak a földre, egy parkoló személygépkocsi hátulsó ablaküvege megolvadt, és majdnem elveszett egy ember a közelből – a villám ugyanis messzire taszította. A tetőzet is károsodott, akárcsak a televízió, a videóberendezés, a telefonkészülék, valamint a kapucsengő elektromos vezetéke. Az azzal szorosan érintkező házban lakó asszony elmondása szerint hirtelen erős fény kúszott be az ablakon keresztül, egyenesen a telefonhoz csapódott, őt a levegőbe emelte, s kitépte a készüléket a kezéből. Muszáj volt a telefont más helyre elköltöztetni. „Ugyanazon a napon – mesélte egy taxisoőr – cégünk jelentette, hogy villámcsapás okozott különös rázkódást az épületben, furcsa csilingelő hangokat tapasztaltak két ízben is, mialatt kollégáim rádiótelefonon beszéltek.” Június 1-én a Kent megyei Dover-ben számítógéphasználat közben ért villámcsapás egy asszonyt az otthonában, akit a földhöz vágott. Június 17-én az Essex megyei Braintree-ben a Domino nevű pizzeria-étkezdébe sújtott villám. Két ott dolgozó alkalmazott arról számolt be, hogy a villám okozta elektromos ütést érezték, midőn a fémasztalnak támaszkodtak. Vallomásuk szerint félórán át remegtek a megrázkódtatástól, de aztán folytatni tudták munkájukat. Az üzlet komputerrendszerében 7 ezer font sterling kár keletkezett. Június 22-én a York megyei Nunnery Lane-ben egy épületegyüttesbe csapott villám. Közülük az egyikben tartózkodó 78 éves asszony kezéből a hajszárítót rántotta ki. „Éreztem, amint valami hirtelen megragadta a szárítót és egyszerűen a hátam mögé dobta.” Elektromos berendezések, televíziók, komputer, telefonok mentek tönkre több házban úgy, hogy néhány készülék be sem volt bekapcsolva. Augusztus 10-én a Lancashire megyei Great Harwood üdülőtábor éjszakai szállásába sújtott villám. Két cserkészlány szenvedett csekély sérüléseket, egyikükön apró égési seb jelent meg, a másiknak kificamodott a bokája. Augusztus 11-én a West Yorkshire megyei Keighley és Worth Valley helységek közötti vasúti sínpályára csapott villám, ahol egy 37 éves váltókezelőt ragadott meg és repített a szoba egyik végéből a másikba. Félkör alakú égési sebet ejtett mellkasa bal oldalán. Az egész villamos hálózat károsodott, mindent ki kellett cserélni.

A villámlástól nem félni kell, hanem inkább legyünk elővigyázatosak. Nedves tárgyakat képes szétrombolni. Kiszámították, hogy egy vizes téglát ért villámcsapás robbantó ereje körülbelül 2500 kilogramm trinitrotoluol (TNT) hatásával egyenértékű. A villám sokszor egyáltalán nem a leg-

magasabb földi tereptárgyba csap bele: megfigyelték, hogy olykor-olykor a magasfeszültségű távvezetékoszlop mellé vágódik be. Ennek pontos oka ma még nem igazán ismert. Derek Elsom, az Oxfordi Egyetem professzora, aki egyben a Brit-szigeteken székelő Tornado and Storm Research Organization, a TORRO (Tornádó- és Viharkutató Szervezet) igazgatója, néhány jótanáccsal szolgál, hogyan védjük ki a villámcsapást. A *New Scientist* szaklap 1989. június 24-i számában a következő magatartási szabályokról írt:

- Még lehetőleg zivatar kitörése előtt próbáljuk elkerülni a nagy, nyílt térségeket, főként az egyedül álló, magas kiemelkedéseket, tornyot, fát, különféle oszlopokat. Ha erre nincs módunk, feküdjünk le a földre, vagy pedig a földön ülő helyzetben lábfejeinket zárjuk össze és kezünket helyezzük rá a térdünkre.
- Húzódjunk be téglá vagy kő alapanyagú épületbe. A faházakat kerüljük, mert nem adnak megfelelő védelmet, mivel a fa rossz elektromos vezető, így a villám könnyen behatol a ház belsejébe.
- Zárt, fémvázas gépkocsi, mint egyfajta Faraday-féle fémketrec tökéletesen megvédi a villámtól. Erre a célra a régi típusú Trabant is megfelel.
- Magányos fa alá semmiképpen ne álljunk, mert miután a fába csapott a villám, a benne levezetődő elektromos áram átszáll a sokkal jobb vezetőképeségű emberi testbe. Ha viszont nagyobb facsoport vagy sűrű erdő fái közül választunk egyet, kicsi a valószínűsége annak, hogy éppen oda süjtson le a villám, ahol meghúzódtunk.
- Kerüljük a fém tárgyak, mezőgazdasági szerszámok használatát, a kerékpárt fektessük le, tőlünk minél távolabb. Szekér alá ne feküdjünk.
- Az erősen átázott ruhától nem kell megijednünk, jó villamos vezető révén a villámot elvezeti a testünkől, megvédvé ez által létfontosságú belső szerveinket.
- Amilyen gyorsan csak lehet, szabaduljunk meg a kezünk ügyében levő esernyőtől, golfütőtől, horgászbottól, ezzel is csökkentve a villámcsapás kockázatát.
- Úszás, szörfözés vagy csónakázás esetén még jóval a zivatar kitörése előtt igyekezzünk a partra. Az úszás közben vízből kiemelkedő fej kitüntetett célpontja a villámoknak.
- Amennyiben úgy érezzük, hogy zivatar idején égnek áll a hajunk, továbbá a közelben álló sziklák, fémkerítések vagy hasonló felől furcsa zúgást, zümmögést hallunk, ha csak tehetjük, azonnal hagyjuk el a környéket.

Irodalom

- Elsom, D., Webb, J. 2003: Lightning strikes to people in the British Isles 2002. *Journal of Meteorology (UK)*, Vol. 28, No. 279, May/June
- Elsom, D., Webb, J. 2004: Lightning strikes to people in the British Isles 2003. *Journal of Meteorology (UK)*, Vol. 29, No. 290, July/August

METEOROLÓGIAI VILÁGNAP 2012

WORLD METEOROLOGICAL DAY 2012

Sáhó Ágnes

Országos Meteorológiai Szolgálat 1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1. saho.a@met.hu

Az idei Meteorológiai Világnap ünnepségét 2012. március 23-án, az OMSZ székházának disztermében **Dunkel Zoltán** elnök rövid, de meglehetősen informatív köszöntése nyitotta meg. Miután az 52. éve megrendezésre kerülő Világnap jelentőségéről beszélt, hangsúlyozta a nemzetközi összefogás fontosságát, s az idei téma, a „jövőnk erőforrása az időjárás, az éghajlat és a víz”, apropóján rátért a nemzeti meteorológiai szolgálatok szerepére és fontosságára. Emlékeztetett az idei év szakmai eredményeire, melyek Szolgálatunk életében mérföldkövet jelentettek, s a közvélemény figyelmét is többször ránk irányították. Itt két fő dologról tett említést részletesebben.

– Az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében megvalósított kistérségi riasztórendszer beindítása által lehetővé vált a veszélyes időjárási jelenségek detektálása, követése és előrejelzése az ország kistérségire lebontva; így a veszélyjelzés szolgáltatásainak bővítése és eredményességének növelése.

– Saját fejlesztésű, mind külsejében, mind tartalmában megújult honlapjával az OMSZ a szolgáltatások szélesebb palettáját nyújtja az internetes megkeresésekre. Az arculatváltás mellett, az egységesebb, áttekinthetőbb szerkezet, többféle megjelenítési forma és nem utolsósorban számos új, vagy frissített tartalom is része a megújulásnak; több megfigyelési adat, pontosabb előrejelzés, naprakészebb információ található a www.met.hu címen.

Az eredmények mellett Elnök Úr a sűrűsödő megszorító intézkedésekre és az intézményt gyarkorta sújtó rendelkezésekre is kitért.

A Vidékfejlesztési Minisztérium környezetvédelemért felelős államtitkára, **Dr. Illés Zoltán** köszöntötte a megjelenteket, s az elhangzottakon túl kiemelte, hogy a felelősségteljes meteorológiai szolgáltatás elsősorban a nemzeti meteorológiai szolgálat feladata, s kormányunknak mindent meg

kell tennie azért, hogy a tetemes beruházással működő intézmény ne rendelkezessen eséllyel bíró versenytársakkal a meteorológiai kiszolgálások piacán. Kapja meg méltó helyét a nemzeti szolgálat munkája, elismertsége; legyen körvonalazva, meddig terjed hatásköre, hol válik kizárólagossá, mint állami feladat a mezőgazdaság, a környezetvédelem, az élet- és vagyónvédelem maximális védelme és

kiszolgálása érdekében egy, minden szempontból megbízható és felelős kormánytisztviselőkkel működő szakmai intézmény munkája. Hogy ennek jogi feltételei is meg legyenek teremtve, államtitkár úr kijelentette, hogy még idei év őszén napirendre kerül a kormány előtt egy – már valóban időszerű és minden igényt és követelményt figyelembe vevő korszerű meteorológiai törvény létrehozása.

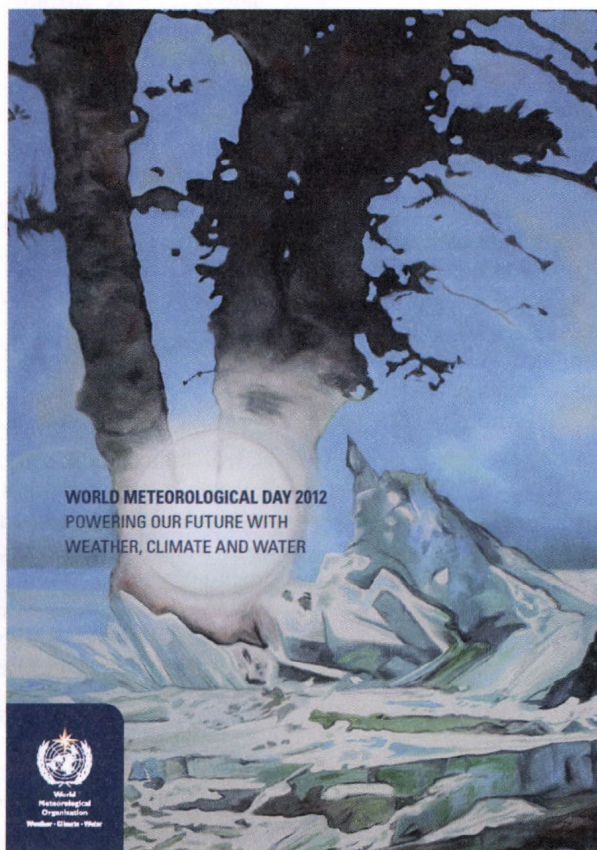
Ezen kijelentését követően ő is megerősítette, hogy elismerését fejezi ki a szakma kiváló képviselői felé, s átadta a Vidékfejlesztési Miniszter kitüntéseit és elismerő okleveleit.

Schenzl Guidó díjat kapott

Dr. Mika János, akadémiai doktor Az éghajlati kutatások, a meteorológia nép-

szerűsítése és a felsőoktatás terén elért magas fokú, színvonalas hazai és nemzetközi tevékenységéért, kiemelkedő publikációs munkásságáért. Mika János 1978 augusztusától dolgozott a Szolgálatnál; az ország egyik legnagyobb nevű klimatológusa. Számtalan helyen és módon tanított és népszerűsítette az éghajlati kutatásokat. Múlt évtől az Egri Károly Róbert Főiskola tanára.

Ináncsi László nyugállományú ezredes „A katonameteorológiai szakterület önállóságának megőrzéséért végzett szervezési, irányító tevékenységéért.” Ináncsi László az MH Katonai Meteorológiai Központ parancsnokaként, valamint az MH Meteorológiai Szolgálat szolgálatfőnökhelyetteseként nagyon sokat tett azért, hogy a honvédség



átszervezése ellenére a meteorológiai szakterület megőrizte önállóságát, így a területnek ma is van felsőszintű szakirányító szerve.

A Vidékfejlesztési Miniszter nevében Dr. Illés Zoltán Pro Meteorológia Emlékplakettet adományozott

Buda István elnökhelyettesnek „Az Országos Meteorológiai Szolgálat gazdálkodási tevékenységének 15 éve tartó lelkiismeretes és elkötelezett irányításáért, vezetéséért.” A Szolgálat gazdasági területét nehéz helyzetben is felelősségteljesen, hihetetlen odafigyeléssel és lelkiismeretességgel irányította, vezette. Munkájának minőségét mutatja, hogy az ellenőrzések során jelentős hibát egyszer sem találtak a Szolgálat gazdálkodásában.

Jákfalvi Mihály nyugalmazott meteorológiai szolgáltatónak „Az OMSZ megfigyelési hálózatában, a debreceni meteorológiai állomáson végzett több évtizedes állomásvezetői, fejlesztői munkájáért” Matematikus-programtervező végzettséggel a Szolgálat iránti maximális elkötelezettséggel dolgozott a „végeken”, 1974-től. 1982-től volt az állomás vezetője, ahol 1995-től a Debreceni Repülőtér meteorológiai kiszolgálását is végezték.

Dr. Mészáros Róbert egyetemi adjunktusnak „A meteorológia – elsősorban a levegőkémiai szakterület - oktatásában és kutatásában kifejtett aktív, magas színvonalú tevékenységéért, publikációs munkájáért.” Közel két évtizede aktívan részt vesz a tudományos utánpótlás nevelésében. Oktató-nevelő munkája példaértékű. Számtalan pályázatban vett és vesz részt és eddig négy KKA és három OTKA pályázatban volt témavezető.

Pusztainé Holczer Magdolna ügyvezető titkárnak „A Magyar Meteorológiai Társaság ügyvezető titkáráként 25 éven át kifejtett gondos, lelkiismeretes munkájáért.” 25 éven át vezette a Magyar Meteorológiai Társaság titkárságát. Munkájával, odafigyelésével kapcsolatot teremtett az országban élő meteorológusok között. Rajta keresztül jutottak el a naprakész információk a társasági tagokhoz. Példáson végezte az adminisztrációt, szabályszerűen és nagyon gondosan kezelte a Társaság dokumentumait.

A Vidékfejlesztési Miniszter nevében Dr. Illés Zoltán Miniszteri Elismerő Oklevelet adományozott

Homokiné Újvári Katalin időjárás előrejelző szakértőnek „A meteorológiai előrejelzésben végzett magas színvonalú operatív tevékenységéért, gazdag és eredményes publikációs munkájáért.” 1978-tól dolgozik a Szolgálatnál, mindvégig az előrejelzés területén, azon belül a csapadékmennyiség előrejelzésének, az árvizek kialakulásának és megelőzési lehetőségének vizsgálatára specializálódott. Kiváló szakemberként mind a nagyközönség tájékoztatásában, mind a meteorológus szakemberek tudományos fejlesztésében nagy szerepet játszik. Magas színvonalú operatív tevékenysége mellett jelenleg is folyamatosan publikál; az elmúlt 30 évben több mint 30 publikációja jelent meg.

Varga László osztályvezetőnek „Az időjárás előrejelzés operatív szolgálatában 35 éven keresztül végzett színvonalas, precíz feladatvégzésért, a vezetői munkakörben nyújtott

odafigyelő, következetes, lelkiismeretes munkájáért” 1977-től dolgozik a Szolgálatnál az időjárás előrejelzés operatív szolgálatában. Munkáját az évek folyamán kezdettől fogva kiemelkedő precizitás magas szakmai színvonal jellemezte. 2003-tól 2011-ig az OMSZ Meteorológus Dolgozók Szakszervezetének elnöke volt. Vezetőként is – akárcsak korábbi beosztásaiban – bizonyította rátermettségét, magasan kiemelkedő szervezői képességét.)

Az Országos Meteorológiai Szolgálat elnöke köszönti és kitüntetéssel jutalmazza a Szolgálat négy társadalmi észlelőjét, kiknek bemutatásához Tamáskovits Károly munkatársunk méltató sorait közöljük.

Taba István dunapataji társadalmi észlelő. Dunapataj Budapeستől délre Kalocsától északra elhelyezkedő nagyközség. A település történelmi múltja igen színes és természeti értékekben gazdag. Ide tartozik a 1976 óta védett Szelidi-tó is. A településen 1934-ben létesült csapadékmérő állomás az Iskolanővérek nevű intézményben. 1948-tól a mérések a református iskolában, majd jogutódjában az Állami Általános Iskolában folytatódtak. Itt vette át az állomás vezetését 1961-ben az akkori hivatalsegéd id. Taba István, aki 1978-ban bekövetkezett haláláig vezette az állomást. A méréseket és megfigyeléseket fia Taba István folytatta, aki már előtte is többször segített édesapjának. Összesen 51 éve szolgáltatják a mérési eredményeket.

Radóczki Józsefné versegi társadalmi észlelő 49 évi végez csapadékmérést, Verseg község három megye - Pest, Nógrád és Heves - találkozásánál Aszód-tól ÉK-re fekszik. Már több mint 600 éve lakott település. Nevezetességei közül kiemelkedik a klasszicista stílusban épült Podmaniczky-kastély, valamint a néprajzi gyűjtemény. A község közigazgatási területén az akkori Bolyhalmán már 1912-ben létesült csapadékmérő állomás, majd 1928-tól a mai napig Versegen történik a meteorológiai mérés és megfigyelés. 1963-ban az akkori Községháza udvarában működött az állomás, amikor Radóczki Józsefné (Juli néni) átvette az állomás vezetését, amit a mai napig ellát.

Berényi József jánkajmajtisi társadalmi észlelő 44 éve végez csapadékmérést. Jánkajmajtis község Szabolcs-Szatmár-Bereg megye keleti részén, közel a román-ukrán határhoz helyezkedik el. A Jánk név a magyar János személynév-ből ered; 1252-ben Janknak írták. Majtis 1380-ban szerepel először az írásokban, akkor még Tymátyusnak nevezték. A két település 1950-ben egyesült. Jánkon már 1890-ben folytak észlelések 1904-ig, majd az állomást ugyancsak Jánkon a Gazdasági Iskolánál szervezték újjá 1949-ben., amely az iskolának - Majtis és Jánk egyesítésekor – általános iskolává történt átalakításakor is helyben maradt. 1968. január 1-én vette át a csapadékmérő állomás vezetését Berényi József az iskola tornatanára. A csapadékmérőt később áthelyezte a családi háza kertjébe, ahol ma is folyamatosan figyeli az időjárást, méri a csapadékot.

Varga István várpalota-királyszállási társadalmi észlelő 41 éve végez csapadékmérést. Királyszállás a Kelet-Bakony kapuja. Csodálatos környezete és tiszta levegője, valamint állat és növényvilága sok látogatót vonz a térségbe. Királyszálláson 1955-ben létesült csapadékmérő állomás az Erdé-

szeti Központ területén. Varga István Sopronban az Erdészeti Technikumban végzett 1957-ben és a szakmájából eredően szoros kapcsolatba került az időjárással, a meteorológiai jelenségekkel. 1971-ben a királyszállási erdészet megszűnésével vette át a terület vadászati-erdészeti irányítását, így a térség időjárási-csapadékmérési tevékenységét is. Munkáját mindig lelkiismeretesen, pontosan, nagy odaadással végezte, így a meteorológiai méréseket és megfigyeléseket is. Ezzel a munkával az elmúlt **41 évben** kivívta a Szolgálat nagyfokú elismerését is.

A díjak átadásának utolsó pontjaként a Szolgálat Tudományok Tanácsának elnöke oklevelet adott át az idei

szakirodalmi nívódíj kitüntetettjének, Randriamampianina Roger-nak, a *Randriamampianina R., Iversen T., Storto A. 2011: Exploring the assimilation of IASI radiances in forecasting polar lows.* c. cikkéért.

A kitüntetettek méltatása után dr. Bonta Imre szakmai előadásában a meteorológiai előrejelzések gazdasági és társadalmi hasznáról beszélt, mely téma szervesen és szorosan kapcsolódott mind a vezető és államtitkári köszöntőhöz, mind a világnap nemzetközi témájához. Az ünnepség záróaktusa a köszöntöttek és a jelenlévők megvendégelése volt, tiszteletükre egy állófogadást tartottak a vendéglátók.



A Meteorológiai Világnap 2012. évi kitüntetettjei és a díjátadók az ünnepség után

Homokiné Újváry Katalin, Varga Lászlóné (Berényi József képviselőjében), Varga István, Mészáros Róbert, Illés Zoltán, Buda István, Dunkel Zoltán, Varga László, Mika Noémi (Mika János képviselőjében), Ináncsi László, Taba István, Jákfalvi Mihály, Pusztainé Holczer Magdolana

BODOLAINÉ JAKUS EMMA BÚCSÚZTATÁSA

2012. JÚNIUS 29-ÉN

A KELENFÖLDI SZENT GELLÉRT PLÉBÁNIA RAVATALOZÓJÁBAN.

Bonta Imre

Kedves kollegánkat Bodolainé Jakus Emmát, Emmikét jöttünk búcsúztatni. Engedjék meg, hogy részben személyes emlékeim segítségével emlékezzek rá.

Az OMSZ-nál már csak néhányan dolgozunk olyanok, akik még munkatársai lehettek Emmikének. Nyugdíjazása előtti pár évben ismertük meg szakdolgozóként, fiatal munkatársként. 1978-ban az ő irányításával kezdte meg munkáját a Csapadékszínoptikai Osztály, melynek fiatal munkatársai lehettünk. Nyugdíjazásáig csak néhány évet dolgozhattunk vele. Ez a rövid időszak azonban szakmai fejlődésünk szempontjából mindnyájunk számára meghatározó volt. Nem csak a szinoptika alapjait tanulhattuk meg tőle, de szakma szeretetét, látásmódját, munkamódszert, szakmai korrektséget és precizitást. A közös kutatási munkák során tanulhattuk meg, hogyan kell egy probléma megoldását felépíteni, kidolgozni. Türelemmel, szeretettel segítette munkánkat, velünk együtt örült egy-egy jó előrejelzésnek. Emmike ekkor már sok cikk, tanulmány, kutatási munkán volt túl; neve összekapcsolódott a mezoszínoptikai jegyzettel, előadásokkal, illetve a Duna és a Tisza ár hullámainak szinoptikus-klimatológiai tanulmányozásával. Több évtizedes munkásságát legközvetlenebb munkatársának segítségével idézném fel

Bodolainé Jakus Emma 1955-ben végezte el az ELTE meteorológus szakát. Férje akkor már a szinoptikus meteorológia tárgyának előadója volt. Férjével együtt első munkahelyén, az OMI pestszentlőrinci obszervatóriumában egy kutató csoportban szinoptikus meteorológiai kutatásokba kezdtek. Fő törekvésük az akkori erősen az empiriára hagyatkozó, szubjektív előrejelzési technikával szemben az elméleti alapokon nyugvó, objektív előrejelzési módszerek kidolgozása volt. A 60-as évek elején az OMI-ban Bodolai István vezetésével megalakult az Időjárási Kutató Osztály. Emmike ebbe a szervezeti egységbe került. Erre az időre tehető a szinoptikus meteorológia új ágának, a mezometeorológiának kibontakozása. Emmike ekkor a mezometeorológiával egy életre elkötelezte magát, azon belül is különösen a csapadék tevékenység vizsgálatára helyezte a hangsúlyt. A hazai kutatásban szinte egyedülálló, finom léptékű analíziseket készített, amelyben minden elérhető időjárási információt

- a kisállomások jelentéseitől kezdve a szinoptikus- és klímaállomások regisztrátumáig - felhasználta. Ennek segítségével részleteiben is feltárult a veszélyes időjárási jelenségek kialakulásának mechanizmusa.

Első nagyszabású vizsgálatait a hazánkon átvonuló instabilitási vonalakra irányultak. Ő honosította meg, a ma már általánosan használt szlovéniai instabilitási vonal fogalmát, amely a heves balatoni viharok jelentős részét kiváltja. A csapadék vizsgálata révén került közelebbi kapcsolatba a Vízügyi Kutató Intézettel. A szakmai együttműködés kimagasló teljesítménye volt a történelmi árvizek meteorológiai feltételeinek meghatározása. E jelentőségű munka eredményei a vízügyi szaklapokban is megjelentek. A nagy csapadékok tanulmányozása vezetett az ún. találkozási modell kifejlesztésére.



Úttörő jellegűnek mondható az a kutatása, amely az Alpokban felhalmozódott hőmennyiség és a tavaszi dunai ár hullámok közötti kapcsolat megállapítására irányult. Ebben a munkában már a műholdak felvételeit is felhasználta. A KEI létrejöttével a Csapadékszínoptikai Osztály vezetése mellett folytatta kutatói tevékenységét. Igen korán, 1979-ben elvesztette mindössze 56 éves férjét. Ettől kezdve fiának és szakmájának élt. Férjének kéziratban lévő munkáit publikálásra előkészítette és kiadatta. Ekkoriban tette közzé Browning a műholdfelvételek alapján felismert szállítószalagokra vonatkozó konceptuális modelljét. Emmike ennek hazai propagálójává lett. A másik jelentős, szintén az ő személyéhez köthető eredmény a Maddox által műholdképeken felfedezett mezoméretű konvektív komplexumoknak a hazai köztudatba való bevezetése. A hazai műholdas szakemberek közreműködésével hatalmas, egész Európára kiterjedő többéves vizsgálatot végzett, rámutatva ezeknek hazai előfordulására.

A távérzékelési technika térhódítása megteremtette a feltételeit az időjárás analízis és előrejelzés egy újfajta megközelítésére, az ún. nowcastingra. A hagyományos és az

újfajta információk együttes vizsgálata a folyamatok minden eddiginél részletesebb analizisére és megbízható ultrarövidtávú előrejelzésére nyújtott lehetőséget. Ezzel az elemi csapásokra történő időbeni figyelmeztetés és az ellenük való védekezés is szilárd alapokra helyeződött. Bár a nowcasting technika Emmikét már a nyugdíjazásához közeli időben érte, de e téren is figyelemre méltó eredményeket ért el. Nyugállományba vonulása nem jelentette szakmai munkásságának végét. Rendszeresen bejárt az OMSZ Könyvtár által biztosított szobájába, ahol megőrizve szellemei frissességét, kutató munkáját a korábbi affinitással, fáradtságot nem ismerő buzgalommal folytatta. Még 80. évéhez közel újabb dolgozatokkal lepte meg szakterületének művelőit. Ezek közül hármat kell mindenképpen megemlítenünk: az első a „Magyar szinoptikus meteorológiai kutatások 1955-1995” c. munkája, amiért 1997-ben Szakirodalmi Nívódíjat kapott. A másik két jelentős kiadványa a „Mezoleptékű konvektív komplexumokról” Tanczer Tiborral írt közös tanulmánya 2003-ból, illetve „A szinoptikus diagnózis eszközeiről” 2008-ban összeállított munkája.

Emmikét magas szintű szakmai elhivatottság, hihetetlen, fáradtságot nem ismerő munkabírási, nagyfokú precizitás jellemezte. Arra törekedett, hogy a kutatómunkájával a mindennapi előrejelzési gyakorlatot támogassa. A szakirodalom folyamatos követésével lépést tudott tartani szakterületének fejlődésével. Az elért eredményeket igyekezett mielőbb közkinccsé tenni. Az OMSZ Kisebbségi Kiadványi közül a legtöbb valószínűleg az Ő nevéhez fűződik.

Az OMSZ keretein kívül, sőt külföldön is elismert kiemelkedő munkássága ellenére szerénység, kutatói alázat volt rá jellemző. Hivalkodás, büszkeség távol állt tőle. Címeket, minősítést nem szerzett, pedig munkásságából

több disszertációra is futotta volna, ő számára szakma szeretete tisztelete volt az első.

Kollégáival, beosztottaival való kapcsolata korrekt, baráti volt. Tudásából igyekezett minél többet átadni másoknak. Rendszeresen tartott továbbképzéseket, még nyugdíjas korában is. Két évtizeden keresztül mezometeorológiát oktatott az ELTE-n, és ehhez hasonló című jegyzetet állított össze. Jó kapcsolatot épített ki más szakterületek művelőivel is. Nem volt befelé forduló, elismerte mások eredményeit. Értékelt elődeinek munkásságát. Különösen nagy energiát fektetett a múlt század elején működő, feledésbe merült kiváló szakember, Anderkó Aurél életművének felkutatására. Kiemelkedő szakmai tevékenységéért az MMT Steiner Lajos éremmel, az OMSZ Schenzl Guidó díjjal ismerte el. 1977-ben a vízgazdálkodás kiváló dolgozója, 1981-ben a munkaérendezési ezüst fokozatának a tulajdonosa lett.

Visszatérve személyes emlékeinkre, régi kollégáival a személyes kapcsolatot nyugdíjas korában is mindvégig megtartotta. Nyomon követte a szakmai és magánéletünk fontos állomásait; tanácsokkal látta el szakmai munkánkat, illetve szeretettel érdeklődött életünkről, gyerekeinkről. A 2011-s Világnapon már hiába vártuk, bár ígérte, már nem jött be többet az OMSZ-ba. Még szerettünk volna kikérni a véleményét szakmai kérdésekben, vagy csak egyszerűen beszélgetni vele az élet dolgairól, de erre már nem került sor.

Végezetül engedjék meg, hogy Emmike pályafutásához kapcsolódóan egy bibliai idézettel zárjam megemlékezésemet: "A jó harcot megharcoltam, a pályát végig futottam, hitemet megtartottam. Készen vár rám az igazság győzelmi koszorúja".

KISLEXIKON

POCKET ENCYCLOPAEDIA

Somfalvi-Tóth Katalin

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

adatasszimiláció a légköri megfigyeléseknek a modell-rácsra történő illesztése különböző matematikai módszerek segítségével. A kezdeti feltételek meghatározása az előrejelző modell számára. Ilyen módszer a 3D-var és 4D-var (háromdimenziós ill. négydimenziós variációs analízis). (Gaál N.: *Hidegcsepp vizsgálata Európa térségére az ECMWF ERA Interim reanalízis alapján*)

albedó <lat., *fehérség*> a beérkező sugárzás felszínről visszaverődő része. Értékét százalékban szokás megadni. Nyugodt óceáni felszín ~ja 5 %, friss hófelszíné 80-90 %. (Ács F., Szabó L., Jávors Cs.: *A csupasz talaj felszíni hőmérsékletének érzékenysége a talaj sugárzási és termikus tulajdonságainak változásaira*)

diagnosztikai egyenlet olyan kormányzó egyenlet, amely nem tartalmaz időtől függő tagot, –időfüggetlen–. A változók pillanatnyi állapotát írja le adott helyen. (Ács F., Szabó L., Jávors Cs.: *A csupasz talaj felszíni hőmérsékletének érzékenysége a talaj sugárzási és termikus tulajdonságainak változásaira*)

Folytatás az 54. oldalon

KÖZHASZNÚSÁGI JELENTÉS A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG 2011. ÉVI TEVÉKENYSÉGÉRŐL

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

1. Költségvetési támogatás felhasználása. Közvetlenül az állami költségvetésből támogatást nem kaptunk.

1.1 Egyéb támogatás. A Nemzeti Civil Alaptól a működési kiadásokra kaptunk 300e Ft-ot.

1.2 Kapott közhasznú támogatások kimutatása. Az Országos Meteorológiai Szolgálat jogi tagdíja 300e Ft, a Honvédelmi Minisztérium jogi tagdíja 300e Ft, egyéb jogi tagdíjak 100e Ft.

Az SZJA 1%-ból 310e Ft-ot kaptunk 2011 évben, amit részben a működési kiadásokra, nagyobb részben a 2012-es Vándorgyűlésre használtunk fel.

2. A vagyon felhasználásával kapcsolatos kimutatás. Társaságunk mérleg szerinti vagyona 2011. dec. 31-én 1.671e Ft volt. A 2011-es évet 2.077e Ft negatív eredménnyel zártuk. Állampapírokban 1.097e Ft-ot, bankszámlán 542e Ft-ot, illetve készpénzben 33e Ft-ot tartottunk 2011 dec. 31-én. Tárgyi eszközünk állománya nem növekedett, új beszerzésünk nem volt. Figyelembe véve az éves rendes értéksökkenési leírást, a tárgyi eszközök nettó értéke 0e Ft, a szoftverek nettó értéke 17e Ft.

3. Cél szerinti juttatások kimutatása. 2011 évben díjakra nem költöttünk, egyedül a Róna Zsigmond Alapítvány elnevezésű közérdekű kötelezettségvállalás kamatából részesült egy fiatal pályakezdő.

4. Vezető tisztségviselőknek nyújtott juttatások. Vezető tisztségviselőink nemcsak névlegesen, hanem ténylegesen társadalmi munkában látják el önkéntes feladatukat, ezért a beszámolási időszakban semmiféle juttatásban nem részesültek, költségértékesítésben sem.

5. Szakmai tevékenységünket a főtítkári beszámoló tartalmazza. A Magyar Meteorológiai Társaság működésének 87. éve - 2011 - a változások éve, hiszen a Társaság nehéz gazdasági helyzetére való tekintettel az év első felében fájó döntést kellett meghoznunk: megváltunk egyetlen alkalmazottunktól, Pusztai Magdi ügyvezető titkáruktól, akinek gondos és felelősségteljes munkája nyomán Társaságunk működése 25 éven át zökkenőmentes volt. Ezúton is köszönjük áldozatos munkáját.

2011 végén Társaságunk titkársága ismét elköltözött, közgyűlési határozat értelmében pedig a Társaság székhelyének megváltoztatását is kezdeményeztük. Jelenleg mindkettő az Országos Meteorológiai Szolgálat Kitábel Pál utcai székházában található. A költözéssel járó feladatokat - az ügyvezető titkár feladat körét átvett - újonnan megválasztott titkáraink: Nagy Andrea és Németh Ákos végezték. Külön köszönettel tartozunk érte.

A felsorolt változások azonban nem befolyásolták az évek óta kiemelkedő **szakmai tevékenység** megőrzését, folytatását. Hagyományos rendezvényeink lebonyolításán túl ismét kiemelkedő tevékenységet nyújtottak szakosztályaink, területi csoportjaink. A Társaság szervezésében 29 előadóülésen összesen 39 szakmai előadás hangzott el. A legnagyobb aktivitást az Agro- és Biometeorológiai, valamint az Éghajlati Szakosztály, a Róna Zsigmond Ifjúsági Kör és a Szombathelyi Területi Csoport mutatta. Kiemelt rendezvényeink közül említést érdemel a Meteorológiai Világnapról történő megemlékezés, melyet az Országos Meteorológiai Szolgálattal közösen szerveztünk. Az előző években sikeres, immáron harmadik Szülő és

Klíma Konferencia nyújtott kiváló szakmai programot az érdeklődők számára, melyet az MMT Szombathelyi Csoportjának elnöke, Puskás János szervezett. Főtítkári beszámolómban is szeretném hangsúlyozni köszönetünket a szakosztályvezetőknek, a területi csoportok vezetőinek, hogy munkájukkal hozzájárultak élénk társasági életünkhöz. Társaságunk tagjai hosszú évek óta ingyenesen megkapják az Országos Meteorológiai Szolgálattal közösen szerkesztett Léggör című folyóiratot. Köszönjük Dunkel Zoltán elnök úr főszerkesztői munkáját.

Közhasznú egyesületként vállalt feladatunk a **kulturális örökségünk megóvása**. Az aktuális évfordulók kapcsán megemlékeztünk elődeinkről, kiemelkedő meteorológusokról. A Meteorológiai Múzeum gondozása az utóbbi években Mezősi Miklós és Varga Miklós nevéhez kötődik.

Külső kapcsolataink. A decemberi közgyűlés döntésének értelmében kezdeményeztük kilépésünket a MTESZ-ből. A kilépés tényét a MTESZ Szövetségi Tanácsa már jóváhagyta, de pénzügyi elszámolásunk még folyamatban van. Társaságunk az Európai Meteorológiai Társaságnak, az EMS-nek továbbra is tagja.

Közgyűléseinkről. A májusi közgyűlésen megvitattuk a pénzügyi és a főtítkári beszámolót, elfogadtuk a közhasznúsági jelentést, megválasztottuk a választmány új tagját, átadtuk szakmai kitüntetéseinket: a Steiner Lajos Emlékérmet, a Szakirodalmi Nívódíjat, a

	A tétel megnevezése	Előző év	Tárgyév
1.	A. Összes közhasznú tevékenység bevétele	3.791	2.386
2.	1. Közhasznú célra, működésre kapott támogatás	98	93
3.	a) alapítótól	-	-
4.	b) központi költségvetésből	-	-
5.	c) helyi önkormányzattól	-	-
6.	d) egyéb, ebből 1% 93	98	93
7.	2. Pályázati úton elnyert támogatás	334	366
8.	3. Közhasznú tevékenységből származó bevétel	1.059	128
9.	4. Tagdíjból származó bevétel (egyéni és jogi)	2.229	1.754
10.	5. Egyéb bevételek	71	45
11.	B. Vállalkozási tevékenység bevétele	0	0
12.	C. Összes bevétel	3.791	2.386
13.	D. Közhasznú tevékenység ek ráfordításai	5.180	4.463
14.	1. Anyagjellegű ráfordítások	18	27
15.	2. Személyi jellegű ráfordítások	2.693	3.246
16.	3. Értéksökkenési leírás	46	14
17.	4. Egyéb ráfordítások	2.338	1.110
18.	5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	85	66
19.	6. Rendkívüli ráfordítások	0	0
20.	E. Vállalkozási tevékenység ráfordításai	0	0
21.	1. Anyagjellegű ráfordítások	-	-
22.	2. Személyi jellegű ráfordítások	-	-
23.	3. Értéksökkenési leírás	-	-
24.	4. Egyéb ráfordítások	-	-
25.	5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	-	-
26.	6. Rendkívüli ráfordítások	-	-
27.	F. Összes ráfordítás	5.180	4.463
28.	G. Adózás előtti eredmény	-1.389	-2.077
29.	H. Adófizetési kötelezettség	0	0
30.	I. Tárgyévi vállalkozási eredmény	0	0
31.	J. Tárgyévi közhasznú eredmény	-1.389	-2.077

Berényi Dénes Emlékdíjat, a Hegyfok Kabos Emlékérmét és a Róna Zsigmond Alapítvány kamatait. Évzáró ülésünk egyben közgyűlés is volt, ahol alapszabályunk módosítására, a titkárok, a választmányi és ellenőrző bizottsági tagok megválasztására került sor. A Hille Alfréd Díjat is ekkor adtuk át a pályázaton legjobban szerepelt egyetemistának.

Társaságunk gazdálkodása és tagtoborzó tevékenysége. Tagjaink, különösen szombathelyi tagtársaink aktív tagtoborzó tevékenysége nyomán Társaságunk taglétszáma ismét növekedett. A Társaság gazdasági helyzetére való tekintettel az elnökség is aktív jogi tagokat toborzó tevékenységbe kezdett. Azonban az elküldött levelekre, megkeresésekre csupán néhány esetben kaptunk választ. Jogi személyiségű tagjaink száma így is emelkedett: az Országos Meteorológiai Szolgálat és a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálat mellett a nyár folyamán a HungaroControl Zrt. is csatlakozott jogi tagjaink sorába. Köszönjük támogatásukat.

6. Számviteli beszámoló

KETTŐS KÖNYVVITELT VEZETŐ EGYÉB SZERVEZETEK KÖZHASZNÚ EGYSZERÜSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓJÁNAK MÉRLEGE 2011. ÉV

Adatok ezer forintban

	A tétel megnevezése	Előző év	Tárgyév
1.	A. Befektetett eszközök	32	17
2.	I. IMMATERIÁLIS JAVAK	32	17
3.	II. TÁRGYI ESZKÖZÖK	0	0
4.	III. BEFEKTETETT PÉNZÜGYI ESZKÖZÖK	0	0
5.	IV. BEFEKTETETT ESZKÖZÖK ÉRTÉKHELYESBÍTÉSE	0	0
6.	B. Forgóeszközök	3.599	1.675
7.	I. KÉSZLETEK	0	0
8.	II. KÖVETELÉSEK	32	3
9.	III. ÉRTÉKPAPÍROK	2.620	1.097
10.	IV. PÉNZESZKÖZÖK	947	575
11.	C. Aktív időbeli elhatárolások	45	0
12.	ESZKÖZÖK (AKTÍVÁK) ÖSSZESEN	3.676	1.692
13.	D. Saját tőke	1.174	-903
14.	I. INDULÓ TŐKE/JEGYZETT TŐKE	1.042	1.042
15.	II. TŐKEVÁLTOZÁS/EREDMÉNY	1.521	132
16.	III. LEKÖTÖTT TARTALÉK	0	0
17.	IV. ÉRTÉKELÉSI TARTALÉK	0	0
18.	V. TÁRGYÉVI EREDMÉNY ALAPTEVÉKENYSÉGBŐL (KÖZHASZNÚ TEVÉKENYSÉGBŐL)	-1.389	-2.077
19.	VI. TÁRGYÉVI EREDMÉNY VÁLLALKOZÁSI TEVÉKENYSÉGBŐL	0	0
20.	C. Céltartalék	0	0
21.	F. Kötelezettségek	2.402	2.374
22.	I. HOSSZÚ LEJÁRATÚ KÖTELEZETTSÉGEK	1.250	1.209
23.	II. RÖVID LEJÁRATÚ KÖTELEZETTSÉGEK	1.152	1.165
24.	G. Passzív időbeli elhatárolások	100	221
25.	FORRÁSOK (PASSZÍVÁK) ÖSSZESEN	3.676	1.692

A beszámolót Pusztainé H. Magdolna bejegyzett mérlegképes könyvelő készítette. Nyilvántartási száma: PM 168451
A mérleg könyvvizsgálattal nincs alátámasztva.

A Magyar Meteorológiai Társaság a hatályos Alapszabály értelmében az alábbi közhasznú tevékenységet végzi:

- tudományos tevékenység, kutatás;
- nevelés, oktatás, képességfejlesztés, ismeretterjesztés;
- a kulturális örökség megóvása;

- környezetvédelem;
- és az euroatlanti integráció elősegítése.

A közhasznúság jegyében:

- tudományos konferenciákat, szakmai rendezvényeket és előadóületeket szerveztünk;
- nevelési, oktatási, képességfejlesztési munkát végeztünk, előadóületeken hallgattuk meg fiatal tagtársainkat, ifjúsági szakosztályunk önképzőköri üléseket és diákköri fórumot szervezett;
- ismeretterjesztő tevékenységet végeztünk a Légkör című, egyetlen magyar nyelvű meteorológiai folyóirat szerkesztésében és terjesztésében való közreműködéssel;
- szolgáltuk kulturális örökségünk megóvását, ápoltuk elődeink emlékét, az aktuális évfordulók kapcsán megemlékeztünk híres magyar meteorológusok szakmai tevékenységéről, közreműködtünk a Meteorológiai Múzeum gyűjteményének bővítésében, a kiállítás anyagának gondozásában;
- környezetvédelmi tevékenységünk keretében előadóületeket tartottunk, szakmai ankétokat és konferenciákat szerveztünk;
- az euroatlanti integráció elősegítése érdekében kapcsolatban állunk európai társegyesületekkel, aktívan közreműködünk az Európai Meteorológiai Társaság munkájában.

KETTŐS KÖNYVVITELT VEZETŐ EGYÉB SZERVEZETEK KÖZHASZNÚ EGYSZERÜSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓJÁNAK EREDMÉNYKIMUTATÁSA 2011 ÉV

Adatok ezer forintban

MEGNEVEZÉS	ÖSSZEG
A. Személyi jellegű ráfordítások	3.246
1. Bérköltség	2.548
ebből: - megbízási díjak	-
- tiszteletdíjak	-
2. Személyi jellegű egyéb kifizetések	7
3. Bérjárulékok	691
B. A szervezet által nyújtott támogatások	0
ebből: A korm.rend. 16.§(5) bekezdése szerint kötelezettségként elszámolt és továbbutalt, illetve átadott támogatás	-

Mérleg adatokhoz információ:

Időbeli elhatárolások:

Aktív időbeli elhatárolás nem volt

Passzív időbeli elhatárolás 221e

December havi telefonszámla ami januárban lett kiszámlázva 4e
SZJA 1% fel nem használt része 217e

Követelések 3e

Értékpapír elszámolási számlán lévő pénz 2e

NAV túlfizetés 1e

Kötelezettségek 2.374 e

Hosszú lejáratú kötelezettség 1.209e Róna alapítvány

Rövid lejáratú kötelezettség 1.165e szállítói kötelezettség, ebből

- MTESZ 1.003e
- EMS tagdíj 157e
- Novemberi késett telefonszámla 5e

7. Az Ellenőrző Bizottság jelentése. A 2011-ben újjáalakult Ellenőrző Bizottság folyamatosan figyelemmel kísérte a Magyar Meteorológiai Társaság tevékenységét. Megállapította, hogy az összhangban van az alapszabályban megfogalmazott célokkal. Jelentősen hozzájárul a meteorológia iránt érdeklődő főként szakmai közönség életben tartásához, fejlesztéséhez. Szűkebb szakterületekhez illetve területi egységekhez kapcsolódóan szakosztályokat és területi csoportokat működtet. A szakosztályok

tudományos üléseket illetve ankétokat szerveznek. A szakosztályok mindegyike tartott előadást, legaktívabb a Róna Zsigmond kör (5 ülés) és az Agro- és biometeorológiai Szakosztály volt (4 ülés). A területi csoportok közül igen aktív a szombathelyi csoport (7 ülés), Szegeden 2 ülést tartottak, Debrecenben a Meteorológiai Tanszékfennállásának 60. évfordulója alkalmából szerveztek előadást, de sajnos a pécsi területi csoport 2011-ben nem szervezett előadást.

Az MMT rendezvényei jól nyomon követhetők a Társaság honlapján, mely rendszeresen frissül és tartalmaz minden az MMT-re vonatkozó információt és a Léggör folyóirat elektronikus változata is itt megtekinthető.

A Társaság gazdasági tevékenységét az Ellenőrző Bizottság 2012. május 2-i ülésén vizsgálta a már gazdaságilag lezárt adatok alapján. Megállapításai az alábbiak voltak:

A taglétszám 583 fő. Az egyéni tagdíjakból származó bevétel 1.054.000 Ft volt, mely elérte, sőt kissé meg is haladta a tervezett 1.000.000 Ft-t, köszönhetően a vezetőség azon erőfeszítésének, hogy az elmaradt tagdíjakat a nem fizető tagok számára kiküldött többszöri felszólítás révén rendezze. Három jogi személyi tagunktól 700.000 Ft bevétel származott, ez némileg kevesebb a tervezett 800.000 Ft-nál. Az 1% SZJA felajánlásokból a korábbi évekhez hasonló nagyságrendű összeg 310.000 Ft bevételhez jutott a társaság. Ebből az összegből a 2012-ben megrendezésre kerülő vándorgyűlés támogatására elkülönített összeg 217.000 Ft. A Nemzeti Civil Alaptól (NCA) 366.000 Ft támogatást sikerült elnyerni. Magánszemélyek adományából további 128.000 Ft bevétel származott.

A korábbi évek jelentős negatív mérlege arra ösztönözte a választmányt, hogy a Társaság kilépjen a MTESZ-ből, így a 2011. évi kiadásokat a 746.000 Ft-os MTESZ tagdíjnak csak időarányos része 132.000 Ft terhelte. A megtakarítások érdekében további fájdalmas lépésre kényszerült a Társaság, fel kellett mondani a főállású alkalmazásban álló titkárunknak Pusztainé H. Magdolnának. Ez a lépés ugyan a 2011. évi kiadásokat megterhelte a végkielégítéssel, 1.020.000 Ft-tal, de a jövőbeni kiegyensúlyozott működés érdekében indokolt volt. Így a társasági tevékenység szervezése teljes mértékben társadalmi munkában valósul meg.

Az MMT tárgyevi induló vagyona 3.466.872 Ft volt (ebből 1.223.426 Ft Róna alapítvány).

2011 évi bevételek:	2.386.000 Ft
2011 évi kiadások:	4.463.000 Ft
2011 évi eredmény:	-2.077.000 Ft

Az MMT vagyona 2011. dec. 31-én: 1.671.350 Ft (1.209.303 Ft Róna alapítvány).

A jelentős vagyonvesztés főként az alkalmazotti bér és járuléka, valamint az egyszeri kiadásnak tekinthető végkielégítés miatt következett be. Az egyéb kiadási tételekben a tervezetthez képest többnyire megtakarítás tapasztalható, kivéve az EMS tagdíj, ami a taglétszámmal arányos, s ez utóbbi növekedett a 2011-ben.

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

A fentiek alapján az Ellenőrző Bizottság javasolja a Közgyűlésnek a főtitkári beszámoló elfogadását.

8. A Magyar Meteorológiai Társaság 2011. évi gazdálkodását bemutató táblázat és a 2011. évi költségvetése

Adatok ezer forintban

Bevételek:	2010 tény	2011 terv	2011 tény	2012 terv	Megjegyzés
Működés:					
Egyéni tagdíj	929	1.000	1.054	1.000	
Jogi tagdíj	1.300	800	700	800	
SZJA 1%	(326) 98	300	(310) 93*	300	217e eltérve 2012-re
NCA tám. működés-re	334	466	366	400	
Mecenatura tám. tagdíjra	0	0	0	0	
Magánszemélyek adományai	0	0	128	0	
Kamat	64	30	45	30	
Egyéb KH bevétel	133	-	-	0	
Működés összesen:	2.858	2.596	2.386	2.530	
Rendezvény	933	0	0	300	
Összes bevétel:	3.791	2.596	2.386	2830	

Kiadások:	2010 tény	2011 terv	2011 tény	2012 terv	Megjegyzés
Működés					
anyag kgt., irodaszer	18	40	27	200	
Posta, telefon	249	440	246	250	
pénzügyi, számviteli szolg.	408	408	372	400	
egyéb szolg.kgt., internet	88	0	3	10	
belf.kiküld.	0	0	5	150	
bér	1.873	2.040	1.528	0	
végkielégítés	-	-	1.020	0	
megbízási díj	0	0	0	0	
bérlőjuttatások	514	550	691	0	
könyvtartalványok, díjak	0	0	0	550*	
repi	81	20	8	50	
étk. kgt.tér.	96	0	0	0	
BKV bérlet	0	0	0	0	
ÉCS	46	30	14		
MTESZ tagdíj m ²	746	0	132	0	
bank kgt.	85	80	66	80	
egyebek	133	0	53	120	
EMS tagdíj	118	120	157	170	
nem visszaig. ÁFA	289	150	141	150	
Összes működési kgt.	4.744	3.878	4.463	2.130	
Rendezvényi kiadások	436	0	0	427	
Összes kiadás	5.180	3.878	4.463	2557	
Működési eredmény:	-1.886	-1.282	-2.077	400	
Rendezvényi eredmény:	+497	0	0	-127	
Tárgyevi összeredmény:	-1.389	-1.282	-2.077	273	

MMT vagyon kimutatása 2010 dec. 31-én:

Kincstárjegyen 2.620.281 Ft, ebből 1.118.734 Ft Róna alapítvány Bankszámlán 831.680 Ft ebből 104.692 Ft Róna alapítvány Pénztárban 14.911 Ft

Összesen: 3.466.872 Ft ebből 1.223.426 Ft Róna alapítványé

MMT vagyon kimutatása 2011. dec. 31-én:

Kincstárjegyen 1.096.871 Ft ebből 1.096.871 Ft Róna alapítvány Bankszámlán 541.627 Ft ebből 112.432 Ft Róna alapítvány Pénztárban 32.852 Ft

Összesen: 1.671.350 Ft, ebből 1.209.303 Ft Róna alapítványé.

Jelen közhasznúsági jelentést az MMT 2012. május 10-i

Közgyűlése elfogadta.

Prof. dr. Dunkel Zoltán elnök

2012 TAVASZÁNAK IDŐJÁRÁSA

WEATHER OF SPRING 2012

Nagy Andrea

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., nagy.andrea@met.hu

Március. A havi középhőmérséklet az ország egész területén fagypont feletti volt, többnyire 7-9°C között alakult. Az egész országban melegebb volt a normál értékeknél, a legnagyobb eltéréseket a Dunántúlon tapasztalhattuk (2,5-4°C), míg a Duna-Tisza közében 2-2,5°C-os, az északi és keleti országrészben pedig 1-2°C-os pozitív anomáliát mérünk. A hónap nagyobb részében átlag feletti hőmérséklet volt jellemző, csupán a 4-10-e közötti időszakban alakult a normál alatt a napi középhőmérséklet országos átlagban. 10-e után kisebb-nagyobb ingadozásokat figyelhettünk meg a napi középhőmérséklet alakulásában, de végig a normál felett maradtak az értékek. Országos átlagban 12 fagyos napról számolhatunk be (napi minimumhőmérséklet $\leq 0^\circ\text{C}$), mely megegyezik a sokéves átlaggal. A legtöbb fagyos nap Zabar állomásunkon fordult elő a hónapban. Zord nap nem volt (napi minimumhőmérséklet $\leq -10^\circ\text{C}$), ez szintén a sokéves átlagnak megfelelő. Téli napot (napi maximumhőmérséklet $\leq 0^\circ\text{C}$) sem jegyeztünk, mely kismértékben elmarad a normáltól (országos átlagban 1 téli nap).

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

24,5 °C, Baja Csávoly (Bács-Kiskun megye), március 17.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-14,1 °C, Zabar (Nógrád megye), március 7.

A március rendkívül száraz volt hazánkban, az ország legnagyobb részén 5 mm alatti havi csapadékösszegeket mérünk (sőt voltak olyan állomások is, ahol nem hullott mérhető mennyiségű csapadék egész hónapban), csupán az Észak-Dunántúlon figyeltünk meg ennél magasabb értékeket, de itt sem haladta meg sehol a 15 mm-t. A normál értékekhez viszonyítva az idei összegeket, azok sehol sem érték el a sokévi átlag 40%-át, javarészt 0-15% között alakultak. Mérhető mennyiségű csapadékot országos átlagban csupán 7 napon észleltünk, s ezek egyike sem volt 1 mm fölött. Ezzel a hónap az elmúlt 112 év legszárazabb márciusa lett. A hosszú idők óta a legszárazabb március a küszöbnapok jelentkezésében is megmutatkozik. A sokéves átlag szerint ebben a hónapban országos átlagban 9 csapadékos nap fordul elő, azonban az idei márciusban ez az érték csak 2 volt. Havas nap nem volt, míg a harmincéves átlag 3.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

14,5 mm, Bakonyzi Kőrishegy (Veszprém megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

0,0 mm, Aszód (Pest megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

8,2 mm, Bősárány (Győr-Moson-Sopron megye), március 29.

Április. Hazánk nagy részén 11-13°C között alakult az április havi átlaghőmérséklet, s az ország egész területét pozitív hőmérsékleti anomália jellemezte, átlagosan 1,5-2 fokkal volt melegebb a megszokottnál. A hónap átlag alatti értékkel indult, első 11 napját erős ingadozás jellemezte. 10-én megdőlt az országos napi abszolút minimumhőmérsékleti rekord. A hónap közepén az országos napi átlaghőmérséklet a sokéves átlag

körül alakult, de a hónap utolsó napjaiban jóval átlag feletti hőmérsékleteket regisztráltunk. Az utolsó 4 napra esett az idei április legmelegebb időszaka, mely alatt háromszor is megdőlt az országos napi melegrekord. Országos átlagban 3 fagyos nap fordult elő, ami megegyezett a sokéves átlaggal. Ugyanakkor az áprilisa jellemző egy nyári nap helyett 4 jelentkezett (napi maximumhőmérséklet $\geq 25^\circ\text{C}$), sőt, egy hőségnap (napi maximumhőmérséklet $\geq 30^\circ\text{C}$) is előfordult, mely a sokéves átlag szerint nem jellemző ebben a hónapban.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

32 °C, Budapest Újpest (Budapest IV. Újpest), április 30.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-9,0 °C, Zabar (Nógrád megye), április 10.

A márciusi, szélsőségesen alacsony csapadékmennyiségek után az április már kedvezőbb képet mutatott, azonban a sokéves átlagnál alacsonyabb mennyiségeket mérünk. Az értékek 13 és 70 mm között mozogtak. A legcsapadékosabb régiók az ország délkeleti, nyugati és északkeleti határterületei voltak. Az áprilisi csapadékösszeg az ország túlnyomó részén mintegy 20%-kal a sokéves átlag alatt maradt. Országos átlagban a csapadékos napok száma követte a normál értéket (10 nap), és a zivataros napok száma is hasonlóan alakult (1 nap), azonban a sokéves átlag szerinti 1 havas nap nem teljesült, havas napot nem regisztráltunk.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

69,5 mm, Csörnyeföld (Zala megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

12,9 mm, Bikács (Tolna megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

37,5 mm, Csörnyeföld (Zala megye), április 5.

Május. A havi középhőmérséklet 15-18°C között alakult hazánkban. A hónap az 1971-2000-es normálhoz viszonyítva valamivel melegebb volt, egy kisebb terület kivételével a déli határvidéken. Május első néhány napján – kiterjedt anticiklon hatására – meglepően meleg, nyári idő volt jellemző, ekkor jelentkezett országos átlagban a hónap legmagasabb napi középhőmérséklete, s ezekben a napokban több országos melegrekord is megdőlt. A korai melegnek gyorsan vége szakadt, 4-től 17-ig több ciklon frontrendszere is érintette hazánk területét, változókéony időjárást hozva. Ebben az időszakban voltak átlag alatti és feletti hőmérsékletű napok is. A hónap második fele kellemesebb, tavaszi időt hozott, normál közeli hőmérsékleti értékekkel. 12 nyári napot és 2 hőségnapot jegyeztünk a hónapban, mindkét érték meghaladja a sokéves átlagot (normál rendre 8 és 1). A legtöbb, 17 nyári nap Martfűn és Túrkevény fordult elő, hőségnapból a legtöbbet Tiszarófiól jelentették (6 nap).

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

33,8 °C, Szolnok dél (Jász-Nagykun-Szolnok megye), május 12.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-2,0 °C, Pápa dél (Veszprém megye), május 18.

A havi csapadékösszeg térbeli eloszlása igen változékony képet mutatott május hónapban, az állomási összegek 7 és 177 mm között alakultak. A legcsapadékosabb az ország nyugati, délnyugati része volt, a legtöbb eső (150 mm feletti összegek) ezen belül a Mecsek területén hullott. A legkevesebb csapadékot a Dunakanyartól északra, északkeletre fekvő térségben regisztráltuk, itt sok helyen a 15 mm-t sem érték el a havi értékek. A sokévi átlaghoz viszonyítva is hasonlóan változatos térbeli eloszlást kaptunk. A Mecsek térségében és Zala megyében a normálnál jóval több csapadék hullott, annak 1,5-2-szeresét is megfigyeltük, sőt egyes helyeken a háromszorosát is. Ezzel szemben az Északi-középhegység nagy részén a sokévi átlagnak csupán fele vagy még kevesebb hullott, a legszá-

razabb területeken a normál 30%-át sem érte el. Az ország többi részén átlag körüli vagy kicsivel átlag alatti értékek jelentkeztek. A csapadékos napok száma országos átlagban 10 volt, mely elmarad a 11 napos normáltól. Zivataros napok tekintetében a 3 nap megfelel a sokéves átlagnak.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

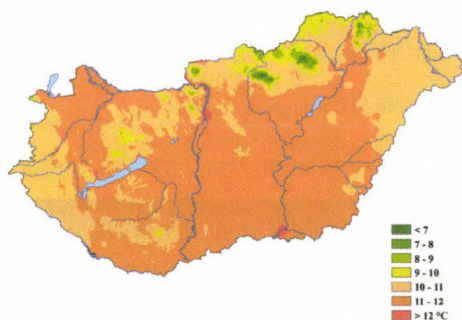
176,7 mm, Bakonya (Baranya megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

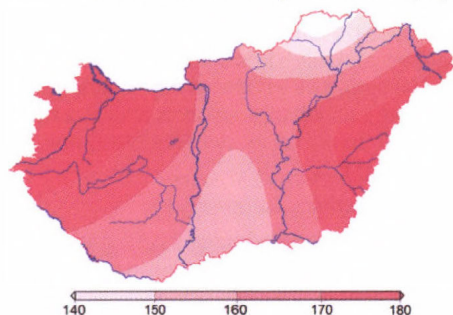
7,1 mm, Drégelypalánk (Nógrád megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

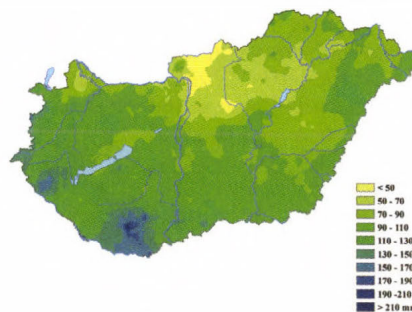
89,8 mm, Pécs Pogány (Baranya megye), május 22.



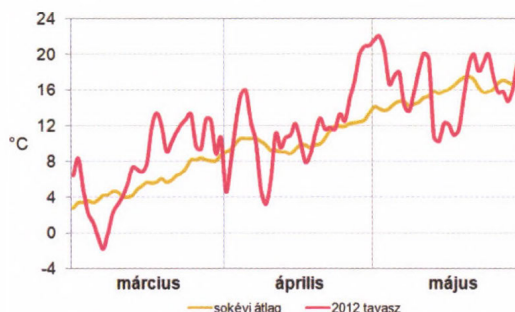
1. ábra: A tavasz középhőmérséklete (°C)



3. ábra: A tavasz globálisugrás összege (kJ/cm²)



2. ábra: A tavasz csapadékösszege (mm)



4. ábra: A tavasz napi középhőmérsékletei és a sokéves átlag (°C)

2012. tavasz időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés (óra)		Hőmérséklet (°C)						Csapadék (mm)			Szél Viharos napok
	Évsz. össz.	Eltérés	Évsz. közép	Eltérés	Max.	Napja	Min.	Napja	Évsz. össz.	Átlag %-ban	1mm < napok	
Szombathely	708	174	11,8	2,0	29,4	2012.05.02	-8,7	2012.03.07	110	80	19	17
Nagykanizsa	-	-	11,5	1,3	30,5	2012.05.01	-9,1	2012.03.07	98	60	16	8
Siófok	769	179	12,9	2,0	31,8	2012.05.01	-5,8	2012.03.07	97	75	14	26
Pécs	701	120	12,7	1,9	30,0	2012.05.02	-5,7	2012.03.07	192	136	17	15
Budapest	789	218	13,0	1,9	32,3	2012.05.02	-6,1	2012.03.07	62	48	14	9
Miskolc	703	163	12,1	2,0	30,9	2012.05.02	-7,6	2012.03.08	75	57	15	6
Kékestető	684	140	6,9	1,7	24,3	2012.05.01	-10,7	2012.03.07	87	41	15	23
Szolnok	725	145	12,8	1,8	31,9	2012.05.02	-8,3	2012.03.07	98	77	13	-
Szeged	739	189	12,4	1,3	31,2	2012.05.02	-7,8	2012.03.07	106	91	16	11
Nyíregyháza	-	-	12,2	1,7	32,5	2012.05.02	-7,4	2012.03.07	70	58	16	30
Debrecen	728	152	12,0	1,3	31,6	2012.05.02	-8,4	2012.03.07	93	65	19	16
Békéscsaba	765	181	11,9	1,1	31,8	2012.05.02	-9,4	2012.03.07	104	74	20	15

TÖRTÉNELMI ARCKÉPEK

HISTORICAL PORTRAITS

Varga Miklós

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1525 Budapest, Pf. 38. varga.miklos@met.hu

KURLÄNDER IGNÁC

Balassagyarmat 1846.dec.25. Budapest 1916.szept.13.



A nyolc gimnáziumi év elvégzése és eredményes érettségi vizsga után 1866-ban egy évet hallgatott a budapesti Tudományegyetem bölcsészeti és mennyiségtani szakon. Ezután Bécsben történelmi, mennyiségtani és természettani tanulmányokat folytatott. 1870. november 6-án Bécsben letette a tanári vizsgát és így képesítést szerzett mennyiségtan és természettan tanítására főgimnáziumban. Széles nyelvismerettel rendelkezett, jól beszélt németül, franciául és olaszul, de a latin és görög nyelvet is tudta hasznosítani.

1870. december 7.-én került az OMFI-ba mint az egyetlen felsőfokú végzettségű munkatársa dr.Schenzl Guidó igazgatónak asszisztensi beosztásban. Nagy tettvágygal és lankadatlan munkássággal végezte a reá váró feladatokat. A kezdet nehézségeivel szerencsésen birkózott meg, azt megláthatjuk az első meteorológiai évkönyvek gondos szerkesztéséből. Kimagasló érdemei voltak a meteorológiai állomások szervezésében és a mért adatok feldolgozásában.

Több évig volt Schenzl Igazgató egyetlen szakmunkatársa, így az akkor még kis intézet minden feladatával tökéletesen tisztába volt.

Kurländer Ignác Gruber Lajos halála után 1888. nov.15-től 1890. szept. 1.-ig vezette ideiglenesen az Intézetet, és Konkoly Thege Miklós kinevezésével egyidejűleg megkapta Öfelségétől az aligazgatói címet.

Jelentős szakirodalmi munkásságot tudhatott magáénak, publikált külföldi szaklapokban, de rendszeresen jelentetett meg cikkeket a Természettudományi Közönyben is.

L É G K Ö R

57. évfolyam

2012. 3. szám



65 ÉVES
A METEOROLÓGIAI TANSZÉK

NÉHÁNY SZÓ A LÉGKÖR KÉT TEMATIKUS SZÁMA ELÉ

Dunkel Zoltán

Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest Pf. 38, 1525, dunkel.z@met.hu

Amikor némi izgatott szorongással először ültem be a Múzeum körúton a Meteorológiai Tanszék Léggörtani Ötösnek nevezett tantermébe nem gondoltam volna, hogy egyszer abban a megtiszteltetésben lesz részem, hogy a Tanszék jubileumi LÉGKÖR száma elé bevezetőt írjak. De arra se gondoltam, hogy meteorológus pályafutásom teli s teli lesz ünnepekkel és ünneplésekkel. A Tanszék fennállásának 65. évfordulója is ezek közé tartozik. Főszerkesztőként örömmel fogadtam a megkeresést, hogy ebből az alkalomból tematikus számot állítsunk össze.



25 éves a Meteorológus képzés. Az 1975-ös ünnepség elnöksége.
Balról Béll Béla akadémikus, Czelnai Rudolf elnök (OMSZ),
Kátai Imre dékán (ELTE TTK), Száva-Kováts József ny. professzor
Dobosi Zoltán (ELTE) tanszékvezető, Péczely György (JATE).

A Tanszék munkatársai nemcsak történeti cikkeket állítottak össze, hanem az ott folyó tudományos munkáról szabályos szakcikkeket is készítettek, így az a döntés született, hogy nem külön számmal köszöntjük a Tanszékét, hanem a rendes megjelenési rendbe illesztjük be a tanszéki összefoglalót. Az ünnepi számból az anyag öröndetes terjedelme miatt két szám lett, miközben megtartottuk a szokásos rovatokat, így a hagyományosan elvárt tartalom se sérült. Ebben a döntésbe az is belejátszott, hogy az anyag összeszedése kissé elhúzódott, s hogy akár azt a címet is adhatnánk, hogy 67 éves a Tanszék. Miért is ne? Menyynyivel szebb szám, vagy kerekebb a 67, mint a 65 vagy a 75? Azt hiszem nagyon fontosak az ünneplések, s az is, hogy időnként megpihenjünk, s visszanezzünk a megtett útra. A Tanszék munkatársai most ezt tették, s nagyon jó, hogy az átfogó terjedelmet választották az évfordulóhoz való szoros illeszkedés helyett. Ezt a visszatekintést, mint a Tanszék testvérintézete most örömmel, szívesen és szeretettel nyújtjuk át az olvasóknak.

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológia Tanszéke, s maga a magyar meteorológus társadalom különös, egyedi helyzetben van. Aki ma Magyarországon meteorológus egyetemi (MSc) diplomával rendelkezik, az ezt a diplomát az ELTE Meteorológia Tanszékén folytatott oktatás keretében szerezte. A Tanszék minden meteorológus *alma matere*. Ez a kitüntetett szerep egyúttal komoly felelősség is a Tanszék vállán, hiszen rajta áll vagy bukik, hogy milyen a magyar meteorológus szakma - immár 65 éve. Hogy a Tanszék ennek az elvárásnak mennyire felelt, felel meg, azt minden meteorológus maga eldöntheti, vagy ebből a két számból képet kaphat róla, ahogy ezt jó szívvvel ajánljuk mindenkinek, akit a magyar meteorológus képzés múltja és jelene érdekel. Nem tudom, hogy ma vannak-e olyan alpművek, mint az én időmben. Akkor a felső évesek azt mondták, hogy a Dési-Rákóczi jegyzetben minden benne van, aki azt megtanulta, mindent tud. Amikor bekerültem a Szolgálatba, akkor a kezdő négy nagy évfolyam tagjai meg azt mondták, ha szerzek egy Száva-Kovátsot, akkor leszek csak igazán minden tudás birtokában, s akkor ne feledkezzünk meg a Dobosi-Felméry jegyzetről vagy a Rákóczi könyvekről sem! Úgy tűnik, hogy a mindenkori tanszékvezetők maradandó művekkel ajándékozták meg a hallgatókat.

A mai felgyorsult világban is vannak ilyen kultikus tankönyvek? Valószínű az ünnepi számok elolvasása során megtudjuk, hogy ma mi a helyzet. A Tanszék már több mint 65 éves, a meteorológus-képzés azonban rövidebb múltra tekint vissza. A specializált képzés csak 5 évvel később, 1950-ben indult meg. S ennek kapcsán, volt egy másik ünneplés, amiben volt szerencsém részt venni. Frissen végzett meteorológusként, első munkahelyem a Meteorológiai Tanszék volt, ahova 1975. július. 1-én beléptem, mint tudományos segédmunkatárs, s amely címet egy hónap múlva a „*tudományos továbbképzési ösztöndíjas gyakornok*” büszke címre változtathattam. Ebben a minőségemben vettem részt a 25 éves a Meteorológusképzés ünnepi szimpóziumon, amit a Múzeum körúti A épület nagy előadótermében rendeztek. Tátott szájjal bámultam a szakma nagy öregjeinek előadását. Amikor két évvel később, nagy bánatomra megváltam a Tanszéktől és átigazoltam az OMSZ-hoz, belecsöppentem a 25 éves a KLFI ünnepség sorozatba. Pályafutásom kezdete csupa ünneplés! S hogy szalad az idő, már megint ünneplünk.

Akkor, csak úgy a magam kedvéért fényképezgettem az ünnepségen. A nem túl jó minőségű fekete-fehér képek közül egy a birtokomban van. Mivel tudtommal erről az ünnepségről más kép nem készült, (vissza)élve a szerkesztő jogával, közreadom. Többek közt ezt nyújtom át köszöntő virág helyett a jubiláló Tanszéknek szeretettel, kívánva magam, az Országos Meteorológiai Szolgálat, s az egész meteorológus társadalom nevében további sikeres működést, eredményes meteorológus képzést, s még sok-sok jubileumot.

Boldog születésnapot kedves Meteorológiai Tanszék!

Felelős szerkesztő:
Dunkel Zoltán
a szerkesztőbizottság elnöke

Szerkesztőbizottság:

Bartholy Judit
Bihari Zita
Haszpra László
Hunkár Márta

Nagy Andrea éghajlati összefoglaló
Sáhó Ágnes technikai szerkesztő
Somfalvi-Tóth Katalin kislexikon
Szudár Béla
Tóth Róbert olvasó szerkesztő

ISSN 0 133-3666

A kiadásért felel:
Dunkel Zoltán
az OMSZ elnöke

Készült:
HM ZRÍNYI Nkft.
nyomdájában
800 példányban
Megjelent: 2013. április

Felelős vezető:
Dr. Bozsonyi Károly
ügyvezető

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

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT ÉS A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA



TARTALOM

CÍMLAPON: Az ELTE Múzeum körút 6-8 szám alatti épülete

Dunkel Zoltán: **Néhány szó két tematikus szám elé**..... 90

BESZÁMOLÓ A TANSZÉK ÉLETÉRŐL

Bartholy Judit és Gyuró György: A meteorológia oktatásának és kutatásának története az ELTE-n és jogelődjein	92
Mészáros Róbert: Képek a meteorológiai tanszék életéből	101
Tasnádi Péter: A meteorológia oktatása az Eötvös Loránd Tudományegyetemen	107
Weidinger Tamás: Tehetséggondozás – tudományos diákköri tevékenység az ELTE Meteorológiai Tanszékén	111
Tasnádi Péter: Meteorológiai témák a tanárképzésben	119
Tasnádi Péter: Dinamikus meteorológiai diplomamunkák és tudományos diákköri kutatások	120
Bozó László: Az ELTE-OMSZ együttműködés rövid története	122
Somfalvi-Tóth Katalin: Kislexikon	123
Kovács László és Radics Kornélia: A Honvédség és a Tanszék együttműködése	124
Vincze Enikő: 2012 nyarának időjárása	128
Varga Miklós: Történelmi arcképek, Grüber Lajos	131

LIST OF CONTENTS

COVER PAGE: ELTE University building under 6-8 numbers of Múzeum körút
Zoltán Dunkel: **Some words in front of two thematic issues**.....90

REPORT FROM THE DEPARTMENT'S LIFE

Judit Bartholy and György Gyuró: The History of Meteorological Education and Research at Eötvös Loránd University	92
Róbert Mészáros: Pictures from the Life of the Department of Meteorology	101
Péter Tasnádi: Education of Meteorology at the Eötvös Loránd University	107
Tamás Weidinger: Talent Development Programs – Undergraduate Research Activity at the Department of Meteorology of Eötvös Loránd University	111
Péter Tasnádi: Meteorological Topics in Teacher Training	119
Péter Tasnádi: Thesis in Dynamic Meteorology and Researches of Students	120
László Bozó: The Brief History of ELTE-OMSZ Co-operation	122
Katalin Somfalvi-Tóth: Pocket encyclopedia	123
László Kovács és Kornélia Radics: The Co-operation between Soldiery and the Professorship	124
Enikő Vincze: Weather of Summer 2012	128
Miklós Varga: Historical Portraits, Mr. Lajos Grüber	131

A METEOROLÓGIA OKTATÁSÁNAK ÉS KUTATÁSÁNAK TÖRTÉNETE AZ ELTE-N ÉS JOGELŐDEIN

THE HISTORY OF METEOROLOGICAL EDUCATION AND RESEARCH AT EÖTVÖS LORÁND UNIVERSITY

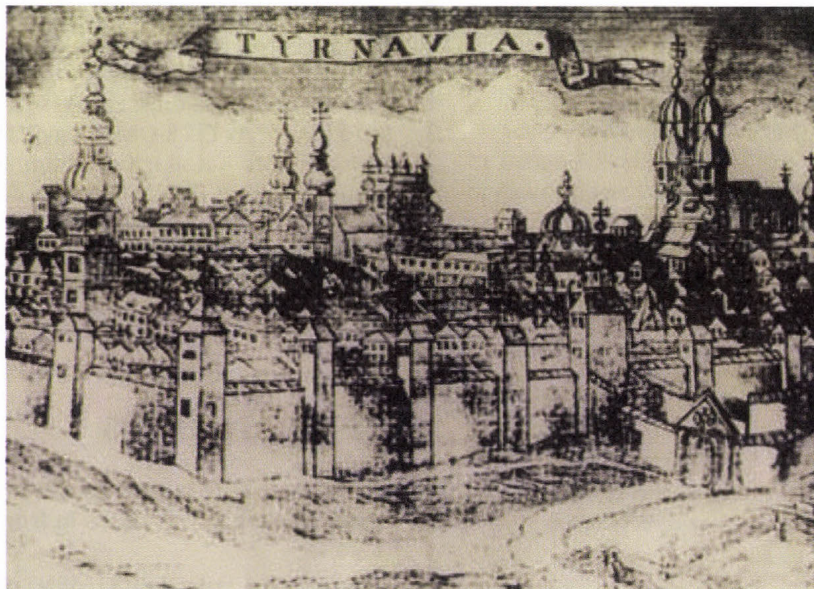
Bartholy Judit és Gyuró György

ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.
gygyuro@gmail.com, bartholy@caesar.elte.hu

Összefoglaló: Igaz, hogy a Meteorológiai Tanszék csak 1945-ben alakult meg, de Egyetemünkön sokkal régebbi időktől nyomon követhető a meteorológia története. Az alábbiakban erről igyekszünk rövid áttekintést adni.

Abstract: The Department of Meteorology was founded in the year 1945, however, the history of meteorology goes back for a much longer period in time. This is a short overview of the meteorological activity at our university from the beginnings of observations to the present.

A kezdetektől a Tanszék alapításáig. Csaknem valamennyi természettudományos diszciplína története megfigyelések végzésével kezdődik. Így van ez a meteorológia esetében is. Egyetemünkön a legelső időjárási megfigyeléseket Weiss Xavér Ferenc csillagászprofesszor, jezsuita paptanár kezdte meg 1753-ban, Nagyszombatban (1. ábra) (Rapaics, 1935; Simon, 2005; Bartha, 2006; Bartha et al., 2006). A Jezsuita Rend feloszlása után, Mária Terézia utasítására 1777-ben az Egyetem Budára költözött (ELTE Hírportál, é. n.; H. Németh, é. n.; Szögi, 1985 és 1996), így Weiss Ferenc a budavári királyi palota tornyában (2. ábra) folytatta csillagászati és meteorológiai megfigyeléseit (Vargha, 1997).



1. ábra: Nagyszombat korabeli látképe középen a csillagászati toronnyal.

1781-ben Károly Tivadar pfalzi választófejedelemtől érkezett levél Egyetemünk vezetőihez. A választófejedelem által 1763-ban alapított Mannheimi Tudományos Akadémia a Történettudományi és a Természettudományi Osztály mellett 1780-ban egészült ki egy harmadikkal, a Pfalzi Meteorológiai Társasággal (Societas Meteorologica Palatina). A választófejedelem udvari tanácsosa, Jakob Hemmer fizikus lett a társaság vezetője, és ő tanácsolta Károly Tivadar hercegnek, hogy készíttessenek meteorológiai megfigyelőeszközöket, és azokat juttassák el kiszemelt tudományos akadémiák, egyetemek, gimnáziumok és kollégiumok részére (Czelnai, 1979; Cappel, 1980; Cassidy, 1985). A levélből az alábbiakban idézzük néhány sort (Kazay, 1914 nyomán):

„A budai tiszteletreméltó tudomány-egyetemnek az udvari Tivadar-akadémia üdvözlétét!

Tekintsétek meg, nagyrabecsült férfiak, ezeket a műszereket, melyeket egyöntetűen készítettett a kegyes herceg az elmúlt napokban alapított s a tudományos akadémiánkhöz csatolt meteorológiai intézet megfigyelési céljaira...

Amint ezen jóakaratótokról bennünket értesíttek, küldünk barometrumot, hőmérőt, higrometrumot és egy deklinatoriumot is...” (Később anemometrum, hyetometrum, atmidometrum és electrometrum is érkezett.)

„...Egyébiránt nemcsak mindazokat az utasításokat, amik mellékelve vannak, hanem azt is a lelkére kötjük a megfigyelőknek, hogy a megfigyeléseket, amelyek végett

a műszereket küldjük, ámbár elhagyni nem óhajtánók, hanem hátrahagyjuk bárkinek kívánságára és tanulmányozására.

Isten veletek és, amire nagyon kérünk, rövid idő alatt írjatok nekünk, kik igen gondolunk a ti megfigyelésekre.

Kelt Manheimban, 1781. Februárius kalendáján”

Az egyetem választát Ádám püspök, a királyi tudományegyetem tanácselnöke és Schauer Ferenc az egyetemi tanács titkára szignálta. Íme néhány rövid idézet:

„A tiszteletreméltó udvari tudományos akadémiának a budai tudományegyetem üdvözlését!

Hogy mennyire istápolja a ti kegyes alapítók a közügynek szolgáló tudományokat, tanúsítja különösen azon tudományokat, amellyel a napokban indultatok meg. Ez az elhatározások, amit a minapában nyilvánítottatok, nemcsak magatoknak lesz mindig dicsőséges, hanem a késő utókor hálaát is ki fogja érdemelni...

Minden igyekezetünk oda irányul, hogy a normál-műszereiteket a ti utasítások szerint használjuk. Magunkat a ti barátságotokba buzgó munkatárs gyanánt ajánljuk. Kelt levelünk a budai tudományegyetem tanácsülésének határozatából 1781. évi április hó 2-án.”

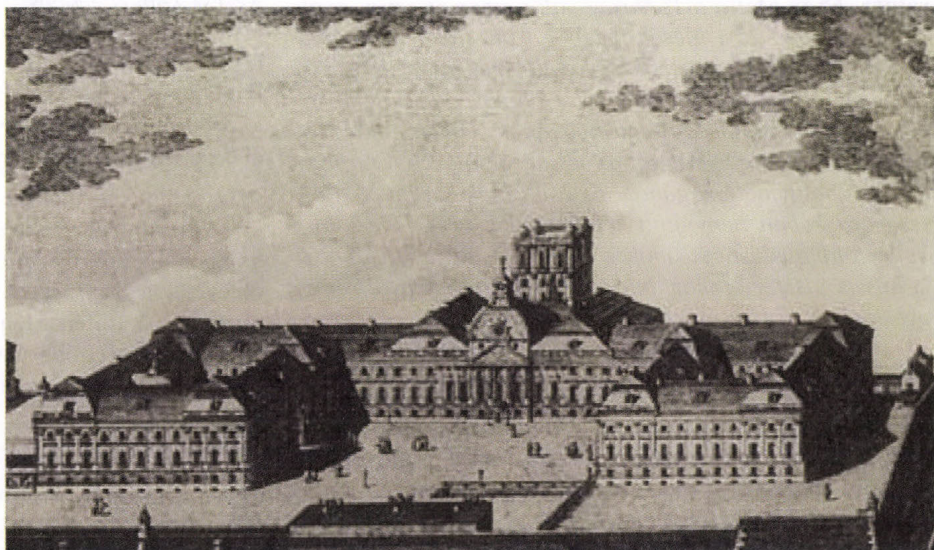
A megfigyeléseket Weiss Ferenc 1781. november 8-án indította meg, és a Társaság fennállásának 12 éve alatt szorgalmasan küldözte jelentéseit Mannheimbe. Az egyes állomások 1781 és 1793 között végzett megfigyeléseinek adatait a Pfalzi Meteorológiai Társaság *Ephemerides Societatis Meteorologicae Palatinae* címmel adta közre (Hemmer, 1783-1795). A Budára küldött köteteket jelenleg az OMSZ Szakkönyvtára őrzi.

Az időjárási megfigyelések a Budai Egyetemen Jakob Hemmer halála és a Societas Meteorologica Palatina megszűnése után is folytatódtak. Az MTA megbízásából Sztoczek József meteorológiai megfigyelések végzésére vonatkozó kézikönyvet szerkesztett (Sztoczek, 1861), Kruspér István pedig összegyűjtötte, és két kötetbe szerkesztve kiadta az 1840 és 1870 közötti megfigyelési adatokat (Krupér, 1866; 1884). Schenzl Guidó, az Intézet alapító igazgatója maga is gyűjtötte a Budán végzett megfigyelési adatokat (Schenzl, 1867).

A légköri eseményekkel kapcsolatos érdeklődés koránt sem új keletű. Az egyre bővülő érdeklődést nagyon jól mutatja, hogy a Meteorológiai Tanszék 1945-ös alapításáig magyar szerzőktől közel 50 szakkönyv, és csaknem

200, az időjárás egyes kérdéseivel foglalkozó szakkönyv bibliográfiai adatait lehet megtalálni az egyes szakkönyvtárakban. A korai szakirodalom áttekintését – többek között – Réthly Antal (1923), Róna Zsigmond (1923) és Czelnai Rudolf (1995) tanulmányaiban találhatjuk meg.

A Tanszék alapítása. Az 1897-ben alapított Időjárás című folyóirat egyre gyakrabban számolt be arról, hogy meteorológusok egyetemi magántanári címet szereztek különböző magyar egyetemeken, és a XX. század elejé-



2. ábra: Az egyetemi meteorológiai megfigyelések új helyszíne 1777-től: a budavári királyi palota és annak csillagászati tornya.

től rendszeressé vált a meteorológia oktatása mérnökök és geográfusok részére (ld. pl. *Időjárás*, 1927). Az ELTE nyilvántartása szerint 1945 előtt közel 20 doktori oklevelet adott ki meteorológusok számára a Pázmány Péter Tudományegyetem.

Az előbb felsorolt tények alapján a meteorológus szakma egyre gyakrabban szólalt fel egy önálló meteorológiai tanszék alapítása érdekében. Ennek legtöbb dokumentumát az *Időjárás*ban találjuk. Az első említést Héjas Endre tette 1906-ben, bár ő – az akkor tervbe vett – Mezőgazdasági Főiskolát javasolta az alapítandó tanszék helyéül.

Az *Időjárás* a Magyar Meteorológiai Társaság (MMT) 1925-ös alapítása után minden évben közölte a választmányi ülések jegyzőkönyveit és az éves főtítkári beszámolót (ld. pl. Réthly, 1930 és 1931), ahol minden alkalommal találunk utalást az önálló tanszék megalapításának kezdeményezésére. Az alábbiakban e témában közlünk néhány szemelvényt:

„...A Magyar Meteorológiai Társaság nyolcadik választmányi ülése 1925. évi november hó 3-án elhatározta, hogy meteorológiai tanszék létesítése érdekében a Magyar királyi Kultuszminiszter úrhoz feliratot fog intézni.” Aláírók: Róna Zsigmond elnök, Réthly Antal főtítkári és Hille Alfréd titkári (Időjárás, 1925).

„...Nem mulasztatom el annak megemlézését, hogy az Országgyűlés Felsőházának egyik tagja részéről ez alka-

lommall (1937. június 23.) hangzott el első ízben az országgyűlésen felszólalás a meteorológiai tanszék létesítése érdekében. Gróf Bethlen Pál felsőházi tag úr, amikor a kormány figyelmét felhívta a Meteorológiai Intézetre, azt kérte beszédében többek között, hogy szükséges volna, hogy a meteorológia egyik egyetemünkön tanszéket kapjon...” (Réthly, 1938).

„A Magyar Meteorológiai Társaság alapszabályában a célok között szerepel a meteorológiai szakoktatás felkarolása. Ez indította a Társaság választmányát arra, hogy 1938. október 25-i ülésén megbízza dr. Róna Zsigmond elnököt a tanszék ügyében egy emlékirat megszerkesztésével. Az alább közölt emlékiratot Társaságunk alelnöke, dr. Cholnoky Jenő egyetemi nyilvános rendes tanár juttatta el gróf Teleki Pál vallás- és közoktatásügyi miniszter úr Önmegmértóságához. Értesülésünk szerint a tanszék érdekében benyújtott kérvényünket gróf Teleki Mihály földművelésügyi miniszter úr Önmegmértósága a kultuszminisztériumhoz intézett átiratában pártolni kegyeskedett...” (Réthly, 1940).

„A Meteorológiai Társaság 1943. szeptember 28-án tartott ülésén felkérte dr. Aujeszky László meteorológiai intézeti aligazgatót, egyetemi magántanárt és dr. Kéz Andor egyetemi nyilvános rendkívüli tanárt, hogy meteorológiai tanszék felállítása érdekében emlékiratot szerkesszenek. Az elkészült emlékiratot a Társaság nemrég eljuttatta a nagyméltóságú vallás- és közoktatásügyi miniszter úrhoz...” A dr. Cholnoky Jenő elnök, nyugalmazott egyetemi nyilvános rendes tanár, dr. Belák Sándor alelnök, egyetemi nyilvános rendes tanár, dr. Réthly Antal főtitkár, egyetemi rendes tanár, dr. Hille Alfréd alelnök, honvéd repülő műszaki ezredes és dr. Szabó Gusztáv választmányi tag, országgyűlési képviselő által szignált, több, mint 11 oldalas emlékirat teljes szövegét Réthly Antal (1944) adta közre.

Az Időjárás végül arról tudott beszámolni, hogy

„A Vallás- és Közoktatásügyi miniszter 60.019/1944. IV. 1. sz. alatti pályázata: A budapesti kir. m. Pázmány Péter Tudományegyetem bölcsészettudományi karán újonnan szervezett légkör- és éghajlattani tanszékre nyilvános pályázatot hirdetnek.

Az egyetemi jelölőbizottság a beérkező négy pályázat közül mindegyiket alkalmasnak találta, és elvégezte a jelöltek rangsorolását. Ezek alapján a miniszterelnök az alábbi határozatot adta ki:

„A miniszterelnök a vallás- és közoktatásügyi miniszter előterjesztésére a minisztertanács hozzájárulásával dr. Száva-Kováts József egyetemi nyilvános rendkívüli tanárt a budapesti Pázmány Péter tudományegyetem bölcsészettudományi karán a légkör és éghajlattani tanszékére egyetemi nyilvános rendes tanárrá kinevezte (10.264/1945 M. E. 1. számú határozat).

(Források: Időjárás, 1940; 1946)

A Tanszék története 1945 és 1953 között. Az ELTE Meteorológiai Tanszék történetéről Láng Sándor (1970) és Rákóczi Ferenc (1995) írásaiban olvashatunk részletesen.

A Tanszék a Bölcsészettudományi Kar Múzeum körüti központi épületének földszintjén kapott elhelyezést, majd később a második emeletre költözött. Meteorológiai megfigyelések céljára a Csillagászati Tanszék megfigyelőtornyát használták az épület tetején. A Tanszéken Száva-Kováts József professzor vezetésével öt oktató dolgozott: Révész Tamás, Dobosi Zoltán (1946-tól), Dobosi Zoltánné (1950-től), Dvorcsák István (1951-től) és Erdős László (1951-től). A kutatások a légnedvesség földi eloszlására, klimatológiai és agrometeorológiai vizsgálatokra terjedtek ki. Ebben az időben létesült az Erdőhíti Agrometeorológiai Kísérleti Telep Martonvásár közelében.

Az eredményes tanszéki kutatómunkát számos hazai és külföldi publikáció megjelentetése is jelzi. Az adott időszakban három meteorológus szerzett egyetemi doktori oklevelet a Tanszéken a letett sikeres doktori szigorlat nyomán. (A történet teljessége kedvéért meg kell említenünk, hogy „felsőbb utasításra” az 1947 és 1949 közötti három évben a magyarországi egyetemeknek nem volt joga doktori eljárásokat lefolytatni és doktori okleveleket kiadni.)

Ennek az időszaknak a legfontosabb eseménye kétségtelenül az volt, hogy 1950 szeptemberében megindult az önálló meteorológus képzés (*Időjárás, 1950a; 1950b; 1951*). Az első tanévben a következő kollégiumok hangzottak el: 1. félév: *Általános meteorológia* (Száva-Kováts József), *Kísérleti fizika* (Pócza Jenő), *Analízis* (Császár Ákos), *Bevezetés a geometriába* (Hajós György), *Bevezetés az algebra* (Fuchs László), *Bevezetés a földrajzba* (Láng Sándor), és *Dinamikus meteorológia*, valamint *Időjelzés* (Aujeszky László); 2. félév: *Általános éghajlattan*, *Európa éghajlata*, *Mikroklima*, valamint *Légkörtani gyakorlatok* (Száva-Kováts József), *Időjelzés*, valamint *Dinamikus meteorológia* (Aujeszky László) és *Műszerismeret* (Dobosi Zoltán), továbbá *Meteorológia földrajz szakos hallgatók számára* (Dobosi Zoltán).

Az oktatáshoz nélkülözhetetlen tankönyvek megjelentetése és egy szakkönyvtár kiépítése is ebben az időszokban indult. Száva-Kováts professzor úr működése alatt számos tankönyv jelent meg, illetve került lefordításra: Száva-Kováts József és Berényi Dénes (1948): *A talajmenti légréteg éghajlata. Mikroklima és növényklíma*; Száva-Kováts József (1952): *Általános légkör*; Száva-Kováts József (1952): *A levegőburok általános természeti földrajza*, továbbá Szergej Petrovics Hromov (1952): *A szinoptikus meteorológia alapjai*. (Fordították: Bodolai István, Csaplak Andor, Faragó László, Gelléri Sándor és Hille Alfréd).

A Tanszéki Könyvtár alapjainak megteremtéséhez nagy segítséget nyújtott, hogy a II. világháború utáni időszakban a négy győztes nagyhatalom képviselőiből alakult Szövetséges Ellenőrző Bizottság biztosította az ország

békés működését. A Tanszék munkatársai kezdettől fogva jó kapcsolatokat ápoltak a bizottság egyes tisztviselőivel, és ezen keresztül sikerült hozzájutni több külföldi szakmai folyóirat teljes évfolyamaihoz az alapítás évétől kezdve. Így könyvtárunk mind a mai napig őrzi – többek között – az amerikai *Journal of Meteorology* (későbbi nevén *Journal of the Atmospheric Sciences*), a szintén amerikai *Monthly Weather Review*, a brit *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* folyóiratok teljes gyűjteményét, továbbá beszerezte Németországból a *Meteorologische Zeitschrift* és a *Deutsches Meteorologisches Jahrbuch*, illetve Ausztriából a *Jahrbücher der. K. K. Central-Anstalt für Meteorologie und Geodynamik* teljes sorozatát a Tanszék alapítása előtti időkből.

A Tanszék történetében 1953-ban szomorú fordulat következett be. Dr. Száva-Kováts József professzort koholt vádak alapján elmozdították tanszékvezetői beosztásából, és internálták. Az utókor azzal igyekszik megemlékezni a tanszék alapítójáról, hogy az ELTE TTK Gömb Aulájában, a híres professzorok sorában az Egyetem mellszobrot állíttatott Dr. Száva-Kováts Józsefnek (3. ábra). A család kérésére a Fővárosi Bíróság 1995-ben megsemmisítette az 1953-ban hozott ítéletet, a Tanszék javaslata alapján pedig a TTK Kari Tanácsa határozatban emlékezett meg a méltatlanul meghurcolt alapító professzorunkról.

A Tanszék története 1953 és 1971 között. A Tanszék vezetését Dési Frigyes egyetemi tanár, az Országos Meteorológiai Intézet igazgatója vette át (Rákóczi, 2000). A tanszéki munkában továbbra is részt vett Dobosi Zoltán, Dvorcsák István (1958-ig), Dobosi Zoltánné (1954-ig) és Erdős László. Új munkatársként lépett be Felméry László (1953-tól), Rákóczi Ferenc (1954-től) és Makai Lászlóné Császár Margit (1959-től).

A kutatómunka a dinamikus meteorológia (Dési Frigyes és Rákóczi Ferenc), az aerológia (Rákóczi Ferenc), az agrometeorológia (Erdős László), a klimatológia (Dobosi Zoltán és Felméry László), valamint a légköri energetika és a szinoptikus meteorológia (Makainé Császár Margit) területét fogta át.

A könyvtár bővítése tovább folytatódott. A meteorológia minőségi oktatása érdekében hét új egyetemi jegyzet készült: Dési Frigyes (1953): *Dinamikus meteorológia I-II.*, Dési Frigyes és Rákóczi Ferenc (1957): *Dinamikus meteorológia III.*, Dési Frigyes és Rákóczi Ferenc (1959): *A légkör fizikája*, Makainé Császár Margit (1961): *Dinamikus meteorológia II.*, Makainé Császár Margit (1961): *Szinoptikus meteorológia I-II.*, Dési Frigyes és Rákóczi Ferenc (1965): *Bevezetés a meteorológiába*, Felméry László

(1967): *Éghajlattani gyakorlatok*. Két minőségi szakkönyv is elkészült: Hille Alfréd (1955): *Repülési meteorológia*, valamint Dési Frigyes és Rákóczi Ferenc (1970): *A légkör dinamikája*.

A meteorológus szak 1950-es megindítása nyomán 1954 és 1957 között az ELTE 114 meteorológus diplomát adott ki. A magas létszámnak nem egyszerűen a szocialista tervgazdálkodás voluntarizmusa volt az oka, hanem az, hogy a korabeli elképzelések szerint a mezőgazdasági nagyüzemek is nagy számban fognak meteorológusokat alkalmazni. Mivel ez nem történt meg, ezért a szakot – a túlképzésre hivatkozva – átmeneti időre felfüggesztették, és csak 1957-ben indult újra a képzés, ún. C-szakként. A lényegesen kisebb, ahogy az akkori egyetemisták közül sokan emlegetik: „családias légkörű” évfolyamokra matematika-fizika vagy földrajz szakosok iratkozhattak be harmadéves korukban.

1971-ig 37 végzős szerzett középiskolai tanár (matematikából, fizikából vagy mindkettőből) és meteorológus, illetve földrajztanár és meteorológus diplomát. Dési Frigyes professzor úr tanszékvezetése alatt 29 meteorológus szerzett doktori címet.

A Tanszék története 1971 és 1983 között. 1970 júniusától az Országos Meteorológiai Intézet neve megváltozott és az új nevű intézményt, az Országos Meteoro-

ológiai Szolgálatot igazgató helyett elnök vezette. Dési professzor igazgatói kinevezése jogfolytonosan az elnöki szék elfoglalását is jelentette, viszont ennek fejében tanszéki munkájáról le kellett mondania. Az új tanszékvezető Dobosi Zoltán egyetemi tanár lett. A személyi állományban kezdetben nem volt változás, a kutatási profil és az oktatási struktúra sem változott. További 96 hallgató végzett meteorológusként „C”-szakon.

A TTK vezetése az 1970-es évek végén úgy döntött, hogy ésszerűsíti a földtudomány (geofizika, geológia, meteorológia és térképészet) szakterületen folytatott oktatást, és a hallgatók csak egy kétéves alapképzés után választhatják a tervezett szakot. Ilyen formában 11 meteorológus diploma került kiadásra.

Az OMSZ és a Tanszék vezetése mindent megtett, hogy az önálló meteorológus szakon a képzés (az 1950-es évekhez hasonlóan) újra megindulhasson. Erre 1978-ban született meg az engedély (Kozák, 1978; H. Nagy és Makainé Császár, 1992; Gyuró, 1998).

A meteorológus szak újraindításával párhuzamosan a személyi állományban is történtek változások. Új munkatársként, az Egyetem vezetése által engedélyezett létszámbővítés keretében belépett Práger Tamás (1978-tól). Doktori aspiránsként a Tanszéken dolgozott Dunkel Zoltán



3. ábra: Dr. Száva-Kováts József mellszobra az ELTE TTK Gömb Aulájában.

(1975 és 1977 között), *Mika János* (1977 és 1979 között), valamint *Hont László* (1978 és 1982 között). Új munkatárs lett továbbá *Takács Lászlóné Bónis Katalin* és *Weidinger Tamás* (mindketten 1983-tól). Dobosi professzor úr az első meteorológus évfolyam 11 hallgatójának sikeres államvizsgálata után nyugdíjba vonult.

Az OMSZ és a Tanszék együttműködésének jegyében a meteorológus szak számára 23 egyetemi jegyzet és 4 tankönyv jelent meg ebben az időben. Ezzel megerősödött a meteorológus szakma – sok tekintetben napjainkig meghatározó – magyar nyelvű szakirodalma. Az alábbiakban felsoroljuk a kiadványokat a megjelenés éve szerinti sorrendben.

Egyetemi jegyzetek: Dobosi Zoltán és Felméry László (1971): *Klimatológia*, Rákóczi Ferenc (1972): *Dinamikus meteorológiai példatár I.*, Erdős László (1972): *Fejezetek az agrometeorológiából*, Makainé Császár Margit (1973): *Dinamikus meteorológiai példatár II.*, Berkes Zoltán (1974): *Távprognosztika*, Rákóczi Ferenc (1976): *Aerológia*, Dobosi Zoltán és Dunkel Zoltán (1977): *Meteorológia földtudomány szakos hallgatók számára*, Makainé Császár Margit és Tóth Pál (1978): *Szinoptikus meteorológia I-II.*, Horváth László (1978): *Repülési meteorológia*, Gulyás Ottó (1978): *Valószínűségszámítás és matematikai statisztika földtudományi szakos hallgatók részére*, Koppány György (1978): *Távprognosztika*, Czelnai Rudolf (1979): *Bevezetés a meteorológiába I. Légkörtani alapismeretek*, Rákóczi Ferenc (1979): *Dinamikus meteorológia I.*, Tanczer Tibor (1979): *Műhold szinoptika*, Major György (1980): *A meteorológiai sugárzástan gyakorlata*, Felméry László (1981): *Meteorológiai szakszövegek orosz és angol nyelven*, Bodolai István és Bodolainé Jakus Emma (1981): *Mezoszinoptika*, Czelnai Rudolf (1981): *Bevezetés a meteorológiába III. A meteorológia eszközei és módszerei*, Práger Tamás (1982): *Numerikus prognosztika. A hidrodinamikai előrejelzés elmélete*, Simon Antal (1982): *A meteorológiai megfigyelések és mérések rendszere*, Czelnai Rudolf, Götz Gusztáv és Iványi Zsuzsanna (1983): *Bevezetés a meteorológiába II. A mozgó légkör és óceán*, Mezösi Miklós (1983): *Elektromos és távjelző mérőeszközök*, Mika János (1983): *Elméleti éghajlatlan.*

Szakkönyvek: Mészáros Ernő (1977): *A levegőkémia alapjai*, Felméry László (1977): *Éghajlattani gyakorlatok*, Götz Gusztáv és Rákóczi Ferenc (1981): *A dinamikus meteorológia alapjai*, Bencze Pál, Major György és Mészáros Ernő (1982): *Fizikai meteorológia*.

Új lehetőség volt ebben az időben a nemzetközi kapcsolatok szélesítése. (Természetesen a politikai vezetés egyetértése mellett.) Az ELTE több olyan szerződést is kötött, ami oktatók és hallgatók cseréjére vonatkozott. Tanszékünket a Leningrádi Zsdanov Egyetemmel kötött szerződés érintette. Több csoport is Leningrádban töltötte kétéves nyári gyakorlatát, és többen is eltöltöttek vendéghallgatóként egy szemesztert az ottani egyetem Légkörfizikai tanszékén. Cserébe leningrádi oktatókat és hallgatókat látott vendégül Tanszékünk.

A Tanszék története 1983 és 1996 között. Mozgalmas évek következtek Dobosi professzor úr nyugdíjba vonulása után. Az új tanszékvezető *Rákóczi Ferenc* professzor úr lett. A személyi állomány az időszak végére jelentősen kicserélődött. Három egyetemi docens is nyugdíjba vonult 1991-ben: *Erdős László*, *Felméry László* és *Makainé Császár Margit*. Hosszan tartó, súlyos betegség után 1990-ben elhunyt *Bónis Katalin* tanárnő. Új munkatársak lettek: *Matyasovszky István* és *Gyuró György* (1984-től), *Szunyogh István* (1991 és 1995 között), *Bartholy Judit* (1991-től) és *Fejősné Iványi Zsuzsanna* (1992 és 2000 között), *Ács Ferenc*, *Barcza Zoltán* és *Mészáros Róbert* (1994-től).

1987-ben a Tanszék az ELTE Ludovika téri épületébe költözött.

Az oktatási feladatok zavartalan ellátása mellett 124 meteorológus szerzett diplomát. A képzés színvonalát jelzi, hogy közülük 12-en kaptak hosszabb-rövidebb időre vendégkutatói meghívást Nyugat-Európába és az Egyesült Államokba. A kutatói meghívások mellett fokozatosan egyre több lehetőség nyílt az Európai Unió által meghirdetett hallgatói mobilitási pályázatokon (pl. Tempus, Erasmus) való részvétellel.

Ezekben az években többször is változások történtek a doktori eljárások rendjében. Az 1980-ban kiadott Oktatási törvény tudományos fokozatként (dr. univ.) ismerte el az egyetemeken a törvény rendelkezései szerint kiadott doktori okleveleket. Az ezzel kapcsolatos egyetemi doktori szabályzat az ELTE-n 1984-ben lépett életbe. Ez azt jelentette, hogy a nyilvános doktori szigorlat letétele mellett bevezették a nyilvános doktori védés intézményét is. Doktori címet, illetve dr. univ. fokozatot ebben az időben 16 meteorológus szerzett.

A kutatási témakörök kiegészültek a statisztikus klimatológiával, a dinamikus modellezéssel, a planetáris határreteg meteorológiájával, a légköri mozgásrendszerek vizsgálatával a hamiltoni dinamika alapján, valamint a globális és a regionális éghajlatváltozás kérdéskörével.

Az időszak alatt három egyetemi jegyzet (Koppány György, 1986: *Az időjárás hosszabbtartamú előrejelzése*; Rákóczi Ferenc, 1988: *A planetáris határreteg*; Rákóczi Ferenc, 1993: *Planetáris meteorológia*), és négy szakkönyv jelent meg a Tanszék közreműködésével: Olberg, Manfred und Ferenc Rákóczi (1984): *Informationstheorie in Meteorologie und Geophysik*, Dévényi Dezső és Gulyás Ottó (1988): *Matematikai statisztikai módszerek a meteorológiában*, Rákóczi Ferenc (1996): *Meteorológiai alapismeretek a Műegyetem hallgatói számára*, Rákóczi Ferenc (1996): *Életterünk a légkör*.

Rákóczi professzor úr kezdeményezte 1990-ben az *Egyetemi Meteorológiai Füzetek* című kiadványsorozat megjelentetését. A munkaértekezletek (workshopok), kiskonferenciák, tudományos diákköri és doktorandusznyári iskolák előadás-összefoglalói mellett hosszabb lélegzetű szakmai írások is megjelentek a sorozatban. 2012-ig a Tanszék összesen 27 füzetet adott ki.

A Tanszék története 1996 után. Rákóczi professzor úr nyugdíjazása után Bartholy Judit vette át a Tanszék vezetését. A TTK-n bekövetkezett változások miatt jelentősen megnövekedtek a Tanszékre háruló oktatási feladatok.

A földrajztanár, a geográfus, a geológus és a térképész szakokon hosszú évek hagyománya alapján oktatott tárgyak mellett új igényként jelentkezett a környezettan tanár és a környezettudományi szakokon indított meteorológiai tárgyak oktatása, valamint a Budapesti Műszaki Egyetem környezetmérnök szakos hallgatók számára előadások tartása. Ehhez járult hozzá a szervezett doktori képzésben végzett oktatási és témavezetési munka. Ennek a megnövekedett feladatkörnek a sikeres ellátására a személyi állományban is változások történtek. Új munkatársként belépett Pongrácz Rita (1997-ben), Havasi Ágnes (2000-ben), Dezső Zsuzsanna (2002-ben), Tasnádi Péter (2003-ban) és Kern Anikó (2004-ben). Tasnádi Péter egyetemi tanárként, a fiatal pályakezdekők pedig az első három évben doktori ösztöndíjasként végezték munkájukat. (2012 szeptemberétől Havasi Ágnes az Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tanszéken folytatja a munkáját, Tasnádi Péter professzor úr pedig nyugdíjba vonult.)

Az 1990-es évek első felében újabb változások történtek a tudományos minősítés rendszerében. Az 1994-ben kiadott Akadémiai törvény az 1997-es évtől megszüntette a tudomány kandidátusa fokozat és a tudomány doktora fokozat odaítéléséért felelős Tudományos Minősítő Bizottságot. A törvény hatálya alapján létrejött a Magyar Tudományos Akadémia Doktori Tanácsa, ami az MTA doktora tudományos cím odaítélésére hivatott. Ezzel párhuzamosan az 1993-ban kiadott Felsőoktatási törvény a megfelelő körülmények között akkreditált egyetemek számára lehetővé tette a szervezett doktori képzés bevezetését, azaz a doktori iskolák működésének megindítását, és a doktori minősítő eljárás végén a PhD (philosophiae doctor) tudományos fokozat odaítélését (Gyuró, 2002 és 2003). Ebben a formában napjainkig 27-en szereztek PhD fokozatot meteorológiából.

Az Egyetemünkön doktorált meteorológusok és klimatológusok névsorát az 1. táblázat tartalmazza.

Szintén a Felsőoktatási törvény vezette be 1993-tól az egyetemi oktatási és kutatási tevékenység legmagasabb elismeréseként a habilitáció intézményét, vagyis a habilitált doktori (dr. habil.) cím megszerzésének lehetőségét.

A Felsőoktatási törvény 2005-ös módosítása alapjaiban változtatta meg a képzés rendszerét. Bevezette a három éves alapképzést, amelynek befejeztével a szakdolgozat megvédése és a sikeres záróvizsga után alapidiploma, a humán- és a társadalomtudományok területén Bachelor of Arts (BA), a természettudományok területén Bachelor of Sciences (BSc) megjelölésű oklevél szerezhető. A korábban szétaprózódott alapképzések helyébe összevont képzések léptek. A meteorológia a földtudomány, a fizika és a környezettan alapképzésbe integrálódott önálló szakirányként. Meteorológus egyetemi diplomát (Master of Science, MSc) sikeres felvételi vizsga után a mester-

képzés keretében lehet szerezni két év után. Ilyen képzés a Magyar Felsőoktatási Akkreditációs Bizottság engedélye alapján a magyarországi egyetemek közül csak Tanszékünkön folyik.

Ezt az új képzési rendszert szokás „bolognai folyamat”-ként is emlegetni. Ennek alapja az, hogy 1999-ben Bolognában, a világ első egyetemének székhelyén 29 ország illetékes minisztere, köztük a magyar oktatási miniszter is egyezményt írt alá az Európai Felsőoktatási Térség (EFT) létrehozásáról. Az egyezmény aláírói vállalták, hogy a hallgatók teljesítményét tanegységekben (kreditekben) mérik, és ezeket a krediteket az EFT területén a felsőoktatási intézmények kölcsönösen elismerik.

1996 óta a „hagyományos” osztatlan képzés keretében 185 meteorológus kapott diplomát. A meteorológia szakirányú BSc képzésben 2009-ben diplomáztak először a hallgatók. Négy év alatt összesen már 53-an. Az első MSc diplomákat 2011-ben adta ki az ELTE, meteorológiából 7 hallgatónak. A 2012-es évben 17-en tettek sikeres egyetemi záróvizsgát.

A Tanszéken kiadott meteorológus diplomák évenkénti számát a 4. ábrán tanulmányozhatjuk.

A Tanszék 1999. szeptemberében a frissen átadott lágymányosi egyetemi épületbe költözött. A tanszéki könyvtár ugyan beolvadt az egységes Kari Könyvtárba, és a megrendelhető folyóiratok és szakkönyvek száma – a folyamatos költségvetési megszorítások miatt – évről évre csökkent, de az ELTE több kiadóval is szerződést kötött, ami biztosítja egyes szakfolyóiratok internetes elérését.

Az oktatást segíti, hogy az OMSZ 1999. október 15-én egy Vaisala gyártmányú, a Tanszék által légnyomásmérővel kiegészített QLC 50 típusú automata meteorológiai állomást telepített a lágymányosi épület melletti műszertben.

A Tanszék kutatási aktivitása egyre erősödött. Számos nemzetközi konferencián szerepeltek munkatársaink. A tudományos cikkek, szakkönyvek és könyvfejezetek száma meghaladja a százat. Közel 30 külföldi egyetemmel, illetve kutatóintézetrel sikerült kapcsolatot felvenni hallgatók részképzése és közös kutatási feladatok végzése céljából. A legfontosabb kutatási irányok: a Kárpát-medence éghajlatának múltbeli és jövőbeli tendenciái; Magyarország jövőbeli éghajlatának dinamikai vizsgálata; a szélergia-hasznosítás potenciális lehetőségeinek feltérképezése; a városi hősziget-probléma új módszertani közelítései; Magyarország vegetációjának vizsgálata műholdas mérések alapján; körkörös adatok statisztikai elemzése és meteorológiai alkalmazása; a felszín, a bioszféra és a légkör közötti kölcsönhatások mérése és modellezése; a bioszféra és a légkör közötti szén-dioxid, valamint ózon forgalom mérése; légköri szennyezőanyag-terjedés modellezése lokális és regionális skálán; a párolgás becslése tenyészőszakban lokális skálán; valamint felhőfizikai folyamatok mezoskálájú modellezése.

Új lehetőségek nyíltak meg, amikor 2002 októberében üzembe helyezték a nagyfelbontású NOAA17, FengYun, Terra és Aqua műholdak adásainak vételére és feldolgozására alkalmas rendszert. A kiépítés az Oktatási, valamint az Informatikai és Hírközlési Minisztérium, a Magyar Űrkutatási Iroda, továbbá az OTKA támogatásával történt. A műholdképek feldolgozásában és kiértékelésében az ELTE Űrkutató Csoport és a TTK Geofizikai és Űrtudományi Tanszéke mellett Tanszékünk munkatársai is részt vesznek. Igen népszerű a tanszéki honlapon megtekinthető „A hónap műholdképe” sorozat.

A hallgatók és a munkatársak teljesítményének elismerése. Egy-egy visszatekintés alkalmával, mint amilyen ez a mostani is, érdemes megemlékezni az oktatói és a kutatómunka elismerésének egyes állomásairól.

Kezdjük a tanszék hallgatóival. Az ELTE TTK évente 1000–1200 hallgatót vesz fel. A tanulmányi idő alatt bekövetkező lemorzsolódást is figyelembe véve ez azt jelenti, hogy a Karnak tanévenként mintegy ötezer hallgatója van. Ezek közül tanévenként 40-en kaphatják meg a Kar Kiváló Hallgatója címet, és 35-en részesülhetnek a Minisztérium által biztosított Köztársasági Ösztöndíjban. Nem kis büszkeséggel mondhatjuk, hogy mindkét elismerést az elmúlt tanévekben legalább 1-1 meteorológus hallgató megkapta, de voltak évek, amikor kettő vagy három hallgatónk is szerepelt a díjazottak között.

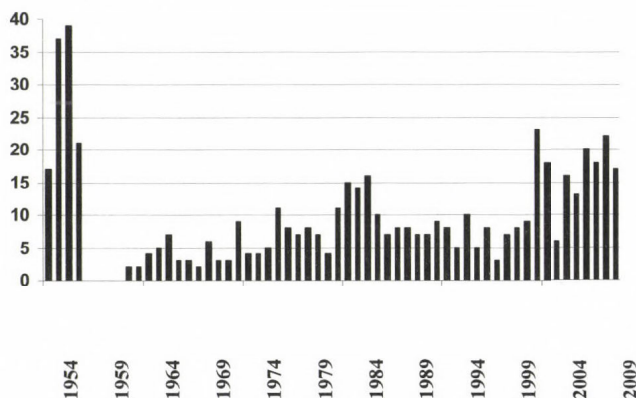
A kiemelkedően sikeres tudományos diákköri munkát végző egyetemistáknak adományozza 1989 óta az Országos Tudományos Diákköri Tanács (OTDT) a *Pro Scientia Emlékérmét*. Ezt eddig három meteorológus hallgató kapta meg: Radics Kornélia 1997-ben; Kovács Mihály 2001-ben és Haszpra Tímea 2011-ben. A tehetséggondozásban kiemelkedően teljesítő tanszéki oktatók és meghívott külső előadók közül a TTK Tudományos Diákköri Érmét eddig Ambrózy Pál, Ihász István, Tasnádi Péter és Weidinger Tamás kapta meg. A TTK Kari Tanácsa által adományozott Kari Emlékéremben részesült Mersich Iván (2000-ben) és Haszpra László (2011-ben). Az OTDT által 1997-ben alapított Mestertanári Aranyéremben részesült 2005-ben Bartholy Judit. A tehetséggondozásról Weidinger (2012) írásában lehet részletesebben olvasni a Léggör jelen füzetében.)

Az ELTE Szenátusa (korábbi nevén Egyetemi Tanácsa) *Pro Universitate Emlékérmét* adományozott 1995-ben Weidinger Tamásnak. Szintén az Egyetem vezetésétől vehette át Hochdorfer Istvánné tanszéki titkárnő 2009-ben a Trefort Ágoston Emlékplakot.

Felsőoktatási Emlékplakettet kapott 1995-ben Rákóczi Ferenc, akit az ELTE Szenátusa 1996-ban a *professor emeritus* címmel ruházta fel.

A meteorológus képzés megindítása óta a külső előadónak adományozható címzetes egyetemi tanár, címzetes egyetemi docens, valamint egyetemi magántanári oklevelet több mint negyven meteorológus kapta meg.

Az MMT több tanszéki munkatársat is kitüntetésben részesített. Az 1987-ben alapított Hille Alfréd Ifjúsági Pályadíjat eddig 16 meteorológus hallgató kapta meg. A Róna Zsigmond Alapítvány díját 1979 óta 13 tanszéki munkatárs vehette át. Az 1991-ben létrehozott Berényi Dénes Emlékérmét két tanszéki agrometeorológus is megkapta: Erdős László 1993-ban és Ács Ferenc 2005-ben. Az MMT Szakirodalmi Nívódíját nyolc egyetemi tankönyv érdemelte ki. Az MMT 1951-ben alapított Steiner Lajos Emlékérmét nyolc tanszéki munkatárs vehette át: Dési Frigyes 1951-ben és 1958-ban, Dobosi Zoltán 1975-ben, Makainé Császár Margit 1982-ben, Takácsné Bónis Katalin 1989-ben, Práger Tamás 1993-ban, Bartholy Judit 1999-ben, Gyuró György 2001-ben és Weidinger Tamás 2012-ben.



4. ábra: A meteorológus oklevelek évenkénti száma 1954 és 2012 között.

A környezetvédelmi miniszter „a hazai és a nemzetközi meteorológia területén kimagasló tudományos kutatások és szakmai eredmények elismeréséül” 1995 óta évente két magyar meteorológusnak ítélheti oda a Schenzl Guidó-díjat és négynek a *Pro Meteorologia Emlékplakettet*. Tanszékünk munkatársai közül eddig ketten részesültek a Schenzl Guidó-díjban: Rákóczi Ferenc 1996-ban és Dobosi Zoltán 1998-ban. *Pro Meteorologia Emlékplakettet* kilenc tanszéki oktató kapott: Felméry László és Práger Tamás 1996-ban, Makainé Császár Margit 1997-ben, Weidinger Tamás 1999-ben, Bartholy Judit 2000-ben, Matyasovszky István 2005-ben, Barcza Zoltán 2009-ben, Ács Ferenc 2010-ben és Mészáros Róbert 2012-ben.

A Nemzeti Fejlesztési Hivatal 2006 óta ad át különdíjat az EU társfinanszírozásával megvalósuló kutatások elismerésére. Az első évben a díjazottak között volt Tanszékünk is.

Szintén munkatársaink munkájának elismerését jelenti, hogy – egyetlen közép-kelet-európaiként – Weidinger Tamás 2007-ben tagja lett a *Theoretical and Applied Climatology* című folyóirat tisztagú szerkesztőbizottságának.

Tanszékvezetőnk, Bartholy Judit 2008 és 2012 között a TTK tudományszervezési dékánhelyettese volt, 2012-ben a Földrajz- és Földtudományi Intézet igazgatója lett. 2009-ben megkapta a Magyar Köztársasági Érdemrend Lovagkeresztje kitüntetését.

Irodalom

- Bartha L., 2006: A nagyszombati egyetem csillagvizsgálójának kezdetei. *Az ELTE Csillagászati Tanszékének Közleményei (PADEU)* 16, 7–38.
- Bartha L., Petrovay K. és Zsoldos E., 2006: Ki kicsoda a tanszék történetében? *Az ELTE Csillagászati Tanszékének Közleményei (PADEU)* 16, 139–152.
- Cappel, A., 1980: Societas Meteorologica Palatina (1780-1795). *Annalen der Meteorologie* 16, 10–27, 255–261.
- Cassidy, D., 1985: Meteorology in Mannheim: The Palatine Meteorological Society, 1780-1795. *Sudhoffs Archiv* 69, No. 1, 8–25. <http://www.dccassidybooks.com/palatine.pdf>
- Czelnai R., 1979: Societas Meteorologica Palatina (1780-1795). *Légekör XXIV. évf., 3. szám*, 1–10.
- Czelnai R., 1995: Az Országos Meteorológiai Szolgálat 125 éve (1870-1995). *OMSZ, Budapest*, 142 old.
- ELTE Hírportál (év nélkül): Az Egyetem története. www.elte.hu/tortenet
- Gyuró Gy., 1998: 20 éve indult újra az önálló meteorológus képzés. *Légekör XLIII. évf., 4. szám*, 30–31.
- Gyuró Gy., 2002: A meteorológus képzés különböző szintjei. *Légekör XLVII. évf., 3. szám*, 26–28.
- Gyuró Gy., 2003: Tíz éves az új rendszerű doktori képzés. *Légekör XLVIII. évf., 3. szám*, 30–31.
- H. Nagy A. és Makainé Császár M. (szerkesztők), 1992: A meteorológus szak képzési dokumentumai. *ELTE TTK, Budapest*, 22 old.
- H. Németh I. (év nélkül): Jelen a múlt jövője. A nagyszombati egyetem alapítólevele. Pázmány Péter esztergomi érsek 1635. május 12-én alapította meg a mai Eötvös Loránd Tudományegyetem elődjét, a nagyszombati egyetemet. *A Magyar Országos Levéltár Archivuma*: http://www.mol.gov.hu/a_het_dokumentuma/a_nagyszombati_egyetem_alapitolevele.html
- Hemmer, J.J. (szerkesztő), 1783-1795: Ephemerides Societatis Meteorologicae Palatine. *Manheimi. Kiadta C. Fr. Schivan udvari könyvkereskedő*.
- Időjárás Szerkesztőség, 1925: A Magyar Meteorológiai Társaság ügyei. A M. M. T. nyolcadik választmányi ülése 1925. évi november hó 3-án. *Időjárás XXIX. évf.*, 192–193.
- Időjárás Szerkesztőség, 1927: Meteorológiai tárgyu előadások a magyar egyetemeken. *Időjárás XXXI. évf.*, 185. old.
- Időjárás Szerkesztőség, 1940: Személyi hírek. Dr. Száva-Kováts József egyetemi nyilvános rendkívüli tanári címet kapott. *Időjárás XLIV. évf.*, 94. old.
- Időjárás Szerkesztőség, 1946: Személyi hírek. Dr. Száva-Kováts József egyetemi nyilvános rendes tanári kinevezést kapott. Egyetemi előadások. A meteorológiai tanszék felállítására. *Időjárás L. évf.*, 49–51.
- Időjárás Szerkesztőség, 1950a: A légkörtani felsőoktatás kérdései. Meteorológus képzés a Budapesti Tudományegyetemen. Meteorológiai előadások a hazai egyetemeken. *Időjárás 54. évf.*, 180. old.
- Időjárás Szerkesztőség, 1950b: A meteorológiai felsőoktatás kérdései. Meteorológiai előadások a hazai egyetemeken. *Időjárás 54. évf.*, 298. old.
- Időjárás Szerkesztőség, 1951: A légkörtani felsőoktatás kérdései. A meteorológia szakos hallgatók tanulmányi rendje az első tanulmányi évben. *Időjárás 55. évf.*, 32. old.
- Kazay E., 1914: A Societas meteorologica és annak működése. *Időjárás XVIII. évf.*, 193–210.
- Kozák B. (szerkesztő), 1978: Az Eötvös Loránd Tudományegyetem meteorológia szakának tanterve. *OMSZ, Budapest*, 18 old.
- Kruspér I., 1866: Légtűneti észleletek I. Mayer Lambert csillagász megfigyelései a budai csillagdában 1840-1848. *Nyomtatta: Emerich Gusztáv magyar akadémiai nyomdász, Pest*.
- Kruspér I., 1884: Légtűneti észleletek II. Schenzl Guido megfigyelései a budai főreál-tanodában 1861-1870. *Nyomtatta: Emerich Gusztáv magyar akadémiai nyomdász, Pest*.
- Láng S., 1970: A Meteorológiai Tanszék. *Megjelent Az Eötvös Loránd Tudományegyetem története 1945-1970 c. kötetben* (főszerkesztő: Sinkovics I.), ELTE, Budapest, 712–713.
- Rapaics R., 1935: A természettudomány a nagyszombati egyetemen. *Természettudományi Közöny, LXVII. évf.*, 257–267. Másodközlés: <http://www.kfki.hu/chemonet/hun/olvaso/histchem/legenda/egyetem/nagyszombat.html>
- Rákóczi F., 1995: A meteorológia oktatása az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. *Megjelent a Fejezetek a magyar meteorológia történetéből 1971-1995 című kötetben* (szerkesztők: Simon A. és Tanczer T.), *OMSZ, Budapest*, 403–408.
- Rákóczi F., 2000: Munkatársak emlékezése: Dési – a professor. *Megjelent a Dési Frigyes. Karrier a szocializmusban című kötetben* (szerk.: Simon A.), *OMSZ, Budapest*, 123–125.
- Réthly A., 1923: Dr. Schenzl Guidó (1823–1923.) emlékünnepe. A meteorológia fejlődése hazánkban Schenzl felléptéig. *Időjárás XXVII. évf.*, 179–189.
- Réthly A., 1930: Jelentés a Magyar Meteorológiai Társaság 1929. évi működéséről. *Időjárás XXXIV. évf.*, 79–84.
- Réthly A., 1931: Jelentés a Magyar Meteorológiai Társaság 1930. évi működéséről. *Időjárás XXXV. évf.*, 88–91.
- Réthly A., 1938: Jelentés a Magyar Meteorológiai Társaság 1937. évi működéséről. *Időjárás XLII. évf.*, 61–63.
- Réthly A., 1940: Tanszék kérése a meteorológiának. A Magyar Meteorológiai Társaság emlékirata gr. Teleki Pál valóság- és közoktatásügyi miniszter úr Önagyméltóságához. *Időjárás XLIV. évf.*, 90–93.
- Réthly A., 1944: A Magyar Meteorológiai Társaság ügyei. Meteorológiai tanszék. Emlékirat az egyetemeken létesítendő meteorológiai tanszékek ügyében. *Időjárás XLVIII. évf.*, 24–35.
- Róna Zs., 1923: Dr. Schenzl Guidó emlékünnepe. A meteorológia fejlődése hazánkban Schenzl felléptéig. *Időjárás XXVII. évf.*, 174–179.
- Schenzl G., 1867: A Budán tett légtűneti és delejességi észleletek eredményei (1863-1866). *Buda*.
- Simon A., 2005: Évfordulók. Weiss Xavér Ferenc. *Légekör 50. évf., 4. szám*, 35. old.
- Szögi L., 1985: A budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetem rövid története 1635-1985., *ELTE, Budapest*, 66 old.
- Szögi L., 1996: A magyar felsőoktatás kezdetei. *Természet Világa* 127. évf., 2–6. és 74–80. old.
- Sztoczek J., 1861: Utasítás meteorológiai észleletekre. *Pest*.
- Vargha Domokosné, 1997: Csillagda a budai Várban. Weiss Ferenc hagyatéka. *Élet és Tudomány* 52. évf., 1266–1268.
- Weidinger, T., 2012: Tehetség gondozás – tudományos diákköri tevékenység az ELTE Meteorológiai Tanszékén. *Légekör 57.* 111–118.

1. táblázat: Az ELTE-n és jogelődjein doktori oklevelet szerzett meteorológusok és klimatológusok.

1885:	Thirring Gusztáv;	1974:	Miskolci Ferenc, Várhelyi András, Wágner Magdolna;
1893:	Anderkó Aurél, Steiner Lajos;	1975:	Ajtay Ágnes;
1906:	Lasz Samu, Massány Ernő, Sávoly Ferenc;	1976:	Dávid Aranka, Koflanovits Erika, Molnár Gyula;
1907:	Jánosi Imre;	1977:	Fekete Ilona, Kmetykó Katalin;
1914:	Hille Alfréd;	1978:	Bartholy Judit, Dunkel Zoltán, Kaba Magdolna;
1925:	Száva-Kováts József;	1979:	Mika János, Paál Anikó, Schiller István;
1926:	Aujeszky László;	1980:	Bartha Imre, Horváth László, Karácsony János;
1928:	Bencsik Béla;	1981:	Bálint Julianna;
1933:	Boldog Gyula;	1982:	Haszpra László, Hont László, Horváth László;
1934:	Berkes Zoltán, Kakas József;	1983:	Kalmár Györgyné, Koós-Hutás István, Máté Anna;
1938:	Bogár Kálmán;	1984:	Cseh Sándor, Gyöngyösi György, Hunkár Márta, Ketskeméty László, László István, Pintér Ferenc, Posza István, Tőkei László, Zoltán Csaba;
1941:	Béll Béla;	1985:	Matyasovszky István, Rimek Ilona, Takács Miklós, Tóth Zoltán;
1942:	Ozorai Zoltán;	1987:	Putsay Mária, César Alonso Zuleta Padilla;
1944:	Ballenegger Katalin, Dési Frigyes;	1988:	Maller Aranka, Weidinger Tamás;
1947:	Dobosi Zoltán;	1991:	Bonta Imre;
1949:	Csizsinszky Márta, Kallós Imre;	1992:	Gyuró György;
1950:	Takács Lajos;	1993:	Nemes Csaba;
1959:	Péczely György;	1996:	Csiszár Iván, Horányi András;
1961:	Antal Emánuel, Czelnai Rudolf, Mészáros Ernő, Örményi Imre, Rákóczi Ferenc, Szepesi Dezső;	1999:	Kádár Barbara;
1962:	Cseh Éva, Felméry László, Gubola Mária;	2000:	Baranka Györgyi, Borbás Éva;
1963:	Ambrózy Pál, Császár Margit, Koppány György, Kozma Ferenc, Tárkányi Zsuzsanna, Tóth Pál, Varga-Haszonits Zoltán, Wirth Endre;	2002:	Barcza Zoltán;
1965:	Probáld Ferenc, Tünczer Tibor, Tóth Erzsébet;	2003:	Diószeghy Márta, Gyarmati Györgyi, Mészáros Róbert, Pongrácz Rita;
1966:	Endrődi Gabriella;	2004:	Ferenczi Zita, Havasi Ágnes, Radics Kornélia;
1968:	Götz Gusztáv;	2005:	Lakatos Mónika, Wantuch Ferenc;
1969:	Adámy László, Major György;	2006:	Kerényi Judit;
1970:	Borbély Edit, Bónis Katalin, Hirling György;	2007:	Csomós Petra
1971:	Bőjti Béla;	2008:	Dombai Ferenc, Hirsch Tamás;
1972:	Csomor Mihály, Illés László, Stollár András;	2009:	Drucza Miklós, Szabó Elemér;
1973:	Simon Antal;	2010:	Dezső Zsuzsanna, Gyüre Balázs, Hágel Edit;
		2012:	Bölöni Gergő, Kern Anikó, Torma Csaba.

KÉPEK A METEOROLÓGIAI TANSZÉK ÉLETÉBŐL

PICTURES FROM THE LIFE OF THE DEPARTMENT OF METEOROLOGY

Mészáros Róbert

ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.,
mrobi@nimbus.elte.hu

Összefoglalás: E rövid fényképalbum az ELTE Meteorológiai Tanszék életéből szemezget. Képek munkatársokról, hallgatókról, helyszínekről, ünnepekről, eseményekről, élményekről.

Abstract: This photo album is a short selection from the life of the Department of Meteorology. Pictures about colleagues, students, locations, holidays, events and experiences are presented.

A tanszék vezetői. 1945-ben, a megalakuló tanszék (akkori nevén Légekör és Éghajlattani Intézet) első vezetője Száva-Kováts József volt. Vezetése alatt kezdődött 1950-ben az egyetemi szintű meteorológus képzés. 1953-ban koholt vádak alapján, fegyelmi úton elbocsátották az egyetemről, majd internálták. Utódja, Dési Frigyes, 1970-ig vezette a tanszékot, amikor megvált a katedrától. Helyére Dobosi Zoltán kapott kinevezést, aki nyugdíjba vonulásáig, 1983-ig állt a tanszék élén. Ezután Rákóczi Ferenc vette át a tanszék irányítását, 1996-ig. Azóta Bartholy Judit az ELTE Meteorológiai Tanszék vezetője.

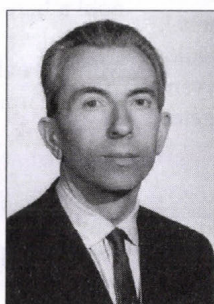
meteorológiai állomást telepített az egyetem területén. Az állomás az aktuális meteorológiai adatok felhasználásán kívül oktatási célokat is szolgál. Az állomáson működő meteorológiai műszerek, az automatizált adatgyűjtés bemutatása, valamint a meteorológiai elemek változékonyságának elemzése, időbeli menetének nyomon követése beépül a meteorológus szakos hallgatók különböző tantárgyaiba, valamint a földtudomány alapszak kurzusaiba. Az állomás műszereit és az adatfeldolgozáshoz szükséges szoftvereket az OMSZ bocsátotta az egyetem



Száva-Kováts József
(1898–1980)
Tanszékvezető:
(1945–1953)



Dési Frigyes
(1912–1978)
Tanszékvezető:
(1953–1970)



Dobosi Zoltán
(1915–2009)
Tanszékvezető:
(1970–1983)



Rákóczi Ferenc
(1931–2000)
Tanszékvezető:
(1983–1996)



Bartholy Judit
(1952–)
Tanszékvezető:
(1996–)

A tanszéki élet helyszínei. A megalakuló tanszék szervezetileg a Bölcsészettudományi Karhoz tartozott és a Múzeum körúti főépületben kapott helyet. 1949-ben az egyetem átszervezése során létrehozták az önálló Természettudományi Kart, 1953-tól pedig a tanszék elnyerte mai nevét. A Meteorológiai Tanszék 1986-ig a Múzeum körúti épületben működött. 1986-tól a tanszék a Természettudományi Kar részeként az egykori „Ludovika Akadémia” patinás főépületében kapott helyet. 1999-re elkészült az ELTE TTK új épületszárnya Lágymányoson. Ide az elsők között költöztünk be a hatodik emeletre. Az új egyetemi épület tervezésekor felmerült a lehetőség egy meteorológiai állomás kialakítására is. 1999 őszén az Országos Meteorológiai Szolgálat a tanszék kezdeményezésére egy Vaisala QLC 50 automata

rendelkezésre és segítette azok felszerelését is. A műszereket az egyetem lágymányosi épülettömbjének tetején és annak északi udvarában helyezték el. 2002 őszén az ELTE Úrkutató Csoport üzembe helyezte a Természettudományi Kar műholdvevő-állomását a lágymányosi épület tetején. A műholdképek feldolgozásába bekapcsolódott a tanszék is.

Terepgyakorlatok, mikrometeorológiai mérések. Az oktatási program részét képező terepgyakorlatok lebonyolításában mindig is oroszánrésze volt az Országos Meteorológiai Szolgálatnak és a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálatának, illetve jogelődjeinek. E gyakorlatok mellett a tanszék szervezésében is folytak és folynak terepgyakorlatok, sokszor egy-egy kutatási programhoz kapcsolódva.



A Bölcsészettudományi Kar épülete (Múzeum körül 6–8.) Tanszéki csoportkép a 80-as évek közepén a Múzeum körüli épületben. Ülnek (balról): Kovács Róbertné (Julika), Indrikovits Olivérné (Magdi néni), Makainé Császár Margit, állnak (szintén balról): Práger Tamás, Gyuró György, César Zuleta (doktorandusz Ecuadorból), Weidinger Tamás és Matyasovszky István.

Tudományos diákkör, nyári iskolák. A tudományos diákkörök az 1960-as években bontakoztak ki. A Meteorológiai TDK munkáját Rákóczi Ferenc fogta össze egészen 1985-ig. Nevéhez fűződik a diákköri tevékenységhez kapcsolódó nyári iskolák elindítása is az OMSZ egykori balatonalmádi üdülőjében. Később Weidinger Tamás vette át a Meteorológiai TDK és 2008-ig a nyári iskolák szervezését is. Valószínűleg a legtöbb meteorológus legalább egyszer, de akár többször is – hallgatóként, vagy előadóként – megfordult a több mint negyed évszázados múltra visszatekintő nyári iskolákon. A rendezvényeknek sokáig az OMSZ balatonalmádi üdülője adott otthont, később, annak megszűnte után pedig a Balatonalmádi Pedagógus Üdülő. 2008-ban, a Magyar Meteorológiai Társaság pécsi vándorgyűléséhez kapcsolódva Orfűn, 2010-ben Szigligeten szerveztük a nyári iskolát.

Szakmai (és közösségépítő) kirándulások. A közös tanszéki kirándulások célja, hogy hazai és környező országok-beli meteorológiai intézeteket, társ-tanszékeket, meteorológiai állomásokat látogassunk. A gyakran néhány napos kirándulások során lehetőség nyílik egy-egy régió, vagy ország természeti, kulturális adottságainak megismerésére is. Az út során a hallgatók felkészülnek egy-egy adott témából és a helyszíneken, vagy az utazás során rövid kiselőadásokat is tartanak.

S ami talán a legfontosabb: a szakmai programok és közös élmények mellett olyan kötetlen, családi társalgásokra is lehetőség nyílik oktatók és hallgatók között, melyekre az egyetem falain belül ritkán adódik alkalom. Sokszor hallom vissza volt hallgatóimtól, hogy egyetemi éveikből legszívesebben ezekre a kirándulásokra és terepgyakorlatokra emlékeznek vissza. A továbbiakban csak néhány emlékezetes pillanatot kiragadva próbálom szemléltetni e programok léggörét.

A Meteorológiai Tanszék évtizedek óta jó kapcsolatot ápol a beregszászi II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola (KMF) Természettudományi Tanszékével. Minden évben 1–2 hallgatónk bekapcsolódhat a főiskola által Kárpátalján szervezett terepgyakorlatba, s mi is fogadtunk Beregszászról diákokat terepgyakorlatokra, nyári iskolákra. 1999-ben egy nagyobb csoporttal látogattuk meg a Főiskolát, utána pedig bejártuk Kárpátalja lenyűgöző tájait, ami mindnyájunk számára felejthetetlen élmény és kaland volt egyaránt.

Köszönetnyilvánítás. Köszönet minden volt és jelenlegi kollégának, elsősorban Gyuró Györgynek, akik képeiket rendelkezésre bocsátották. E rövid képtárba nem fért bele minden egyes kép, de talán így is ízelítőt ad a színes tanszéki életünkről.



Csoportkép a „Ludovika” épületének bejáratánál 1995-ben. Balról Matyasovszky István, Rákóczi Ferenc, Weidinger Tamás, mögötte Práger Tamás, Prágerné Bihari Ilona, Szentimrey Tamás (OMSZ), Gyuró György, Tóth Ágnes, Szunyogh István, Bartholy Judit, Barcza Zoltán és Mészáros Róbert.



Tanszéki tárgyaló a „Ludovikán”. a lépcsőn Felméry László, Matyasovszky István és Weidinger Tamás, előttük Rákóczi Ferenc, Makainé Császár Margit, Palágyi Zsoltné (Ilike), Wirth Endréné, Kovács Róbertné, Indrikovits Olivérné és Márkus Mirtill.



Felméry László, Iványi Zsuzsanna és Matyasovszky István 1996-ban.



A tanszéki könyvtár előtt. Elöl: balról Makainé Császár Margit, Kovács Róbertné, Felméry László, Erdős László, Márkus Mirtill, középen: Rákóczi Ferenc, Palágyi Zsoltné, Práger Tamás, hátul: Gyuró György, Indrikovits Olivérné, Weidinger Tamás, Matyasovszky István.



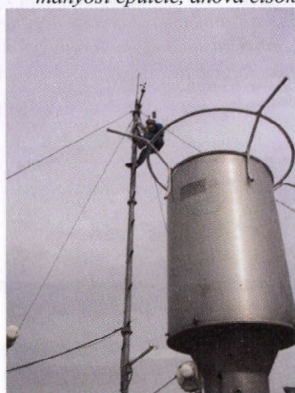
1996-ban Rákóczi Ferencről Bartholy Judit vette át a tanszék vezetését.



A 2006-os tavaszi árvíz idején a TTK új, 1999-ben elkészült légymányosi épülete, ahova elsőként költözött be a Tanszék.



A Tanszék kezelésében lévő Budapest Légymányos meteorológiai állomás az Egyetem északi udvarán.



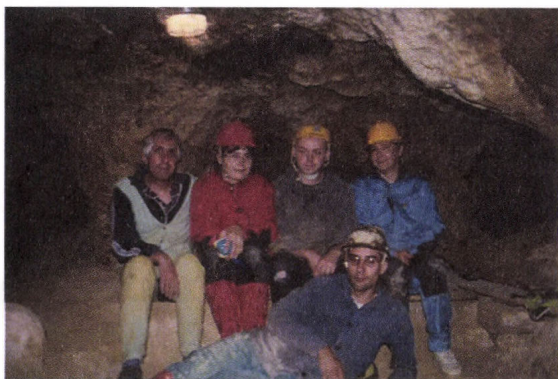
Műszertelepítés az állomáson.



Műholdvevő-állomás a légymányosi épület tetején.



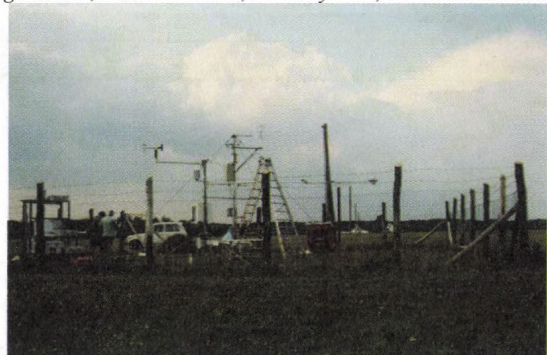
A műholdvevő antennája.



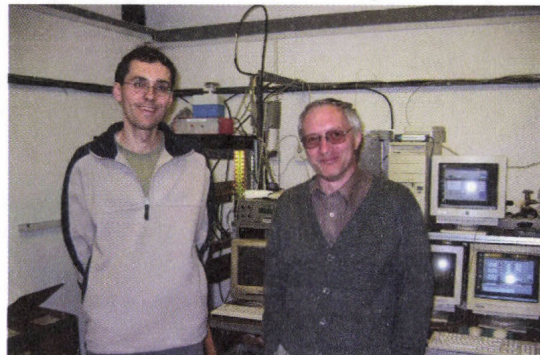
A Cserszegtomaji kútbarlangban 1997-ben. „Barlangklíma” méréseket folytattunk a világon egyedülálló, két különböző kőzet (homokkő boltozat, dolomit talpszint) határán, a feltörő, majd visszahúzódó hévíz által kialakított barlangban. Balról Weidinger Tamás, Pongrácz Rita, Mészáros Róbert, Bartholy Judit, elől Barcza Zoltán.



Az 1999-es teljes napfogyatkozáskor a berlini Freie Universität Meteorológiai Intézetével közös mikrometeorológiai mérések a Kiskunsági Nemzeti Parkban, a fülöpházi homokbuckákon, felszínközeli légréteg és a felszíni energiaháztartás változásainak meghatározására. Weidinger Tamás, Hirsh Tamás, Dezső Zsuzsa és Pintér Kriszta hallgatók.



A GRAMINAE EU4 keretprogramban felszín-légkör ammónia kicserélődés meghatározására. 2000-01-ben ammónia koncentráció-gradiens- és mikrometeorológiai méréseket végeztünk a Hortobágyi Nemzeti Park határa, Püspökladány Farkas-szigeten. Az OMSZ-szal és Erdészeti Tudományos Intézettel (témavezető: Horváth László) közösen a mérések helyszínén többször szerveztünk hallgatói terepgyakorlatot is.



Barcza Zoltán és Haszpra László (OMSZ) a hegyhátsági regionális skálájú monitoring állomáson. Az 1994 óta folyó bioszféra és a légkör közötti szén-dioxid és egyéb üvegházgáz kicserélődés mérések számos tudományos diákköri dolgozat, diplomamunka témájául is szolgáltak.



Mikroklíma mérések a Mátrában, 2002-ben. A méréseket az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet kérésére végeztük, a hallgatókkal közösen.

Hűsölés a Szent György-hegy északi oldalán található „Jégbarlangban” 2010 augusztusában. Itt a legnagyobb nyári forrás idején is alig néhány fokal hideg van. A sajátos mikroklímájú üreg igazi felfrissülés a kánikulában. A tanszék a 60-as, 70-es években is szervezett többnapos terepgyakorlatokat a Szent György-hegyre. A szállás az üregtől 100 m-re lévő turistaházban volt.



Szombathelyi konferencia után kirándulás az Írott-kőre (1992) Balról Erdős László, Weidinger Tamás, Ihász István (OMSZ), Szunyogh István, Gyarmati Györgyi (OMSZ), Horváth László (OMSZ), előttük Károssy Csaba (BDTF) akinek köszönjük a Péczely-féle makroszinoptikus kódok adatsorának átadását.



Szakmai kirándulás a Bakonyi Harcilégió egykori szentkirályszabadjai bázisán 1993-ban.



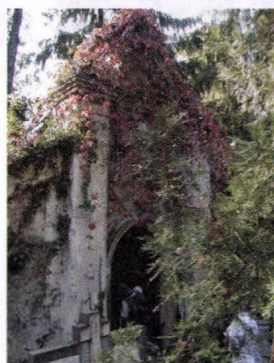
1993 őszén magas-tátrai kirándulás. Szunyogh István és Bartholy Judit a Lomnici csúcson (2634 m, háttérben egy Mougin-féle csapadékgyűjtő).



Az Őrségben, Nagyrákoson 1995-ben. Itt szálltunk meg mielőtt elindultunk Szlovéniába. A képen a tanszék több volt és jelenlegi munkatársa látható.



A 2000-es horvát kiránduláson meglátogattuk a Zágrábi Egyetem Természettudományi Karát, a zadari tengerparti meteorológiai állomást és a zavižani hegyi meteorológiai és háttérszennyezettség mérő állomást. Velebiten megtapasztaltuk az átbukó bőra erejét. Acs Ferenc fordítja horvátról az állomásvezető szavait.



2002-ben Erdélyben jártunk. Berde Áronra, az első magyar nyelvű meteorológiai tankönyv, a „Légtüneménytan” szerzőjére emlékezve megkoszorúztuk a Berde család kriptáját a kolozsvári Házsongárd temetőben. Később egy hegyi meteorológiai állomást is meglátogattunk a Fogarasi-havasokban, a Bilea (Bălea) tónál 2034 m-en.



A Tisza forrása felé vezető út egy ponton túl már csak teherautóval járható. Itt annak örültünk, hogy beindult a motort. Az odavezető út utolsó szakaszának gyalog vágtunk neki, de ránk sötétedett a Kárpátokban. A menedékházban töltött éjszaka után, hajnali hóesésben indultunk a magasabb hegyek felé, ahol egészen más körülmények vártak ránk.



A cél a Hoverla (régi magyar nevén Hóvár, 2061 m) megmászása volt. A csúcs ma Ukrajna legmagasabb pontja. Útközben a csúcsra egy meteorológiai állomáson tartottunk pihenőt, 1400 m magasan. Itt -11°C volt a hőmérséklet október közepén. Az észlelő mesélte, hogy egv-egy hétre költöznek fel, és hetente váltják egymást.



Az 1999-es kárpátaljai kirándulás annak ellenére, hogy a célokat nem értük el, sem a forráshoz, sem a csúcsra nem jutottunk el, az egyik legemlékezetesebb túra volt. Néhány évvel később azonban – immár új hallgatókkal – visszatértünk. Ekkor a két tanszék között formálisan is megerősítettük az együttműködést. Később sikerült eljutni a Fekete-Tisza forrásához és a Hoverlára. A forrás felett egy Mougin-féle csapadékgyűjtő árválkodott.



A Tanszék és II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola (KMF) Természettudományi Tanszéke közötti tudományos és oktatási együttműködés aláírása Beregszászon, 2005. szeptemberében. Balról Barkáts Jenő (KMF-TTK), tanszékvezető, Soós Kálmán rektor, Bartholy Judit. A kárpátaljai magyar közösség és a magyar nyelvű felsőoktatás megteremtésében jelentős szerepet vállaló Soós Kálmán 2011. júliusában, 49 évesen hunyt el. Emlékét őrizzük.



Meteorológus hallgatókkal a felhők felett 2005-ben, a Máramarosi-havasokban, a Hóváron (Hoverla). Ebben az évben, szeptember végén még nem volt hó a hegyekben.



A meteorológus hallgatók a Júliai Alpokban (Szlovénia, 2011), Európa egyik legcsapadékosabb régiójában. Azon a napon is esett, de mire felértünk 2000 m magasra, gyönyörűen ragyogott a nap. Háttérben Szlovénia legmagasabb pontja, a Triglav (2864 m).



Csoportkép a Bohinj-i tó partján (Szlovénia) 2011 ősszén.



A Meteorológiai TDK nyári iskolájának résztvevői az egykori OMSZ üdülőben, Balatonalmádiban, 2004-ben.



Bográcsos vacsora a szakmai előadások után a 2010-es Nyári Iskolán, Szigligeten.

A METEOROLÓGIA OKTATÁSA AZ EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEMEN

EDUCATION OF METEOROLOGY AT THE EÖTVÖS LORÁND UNIVERSITY

Tasnádi Péter

ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.
tasi@caesar.elte.hu

Összefoglalás: A cikk röviden áttekinti a meteorológus képzés történetét, kiemelve a képzés létrehozásán dolgozó meghatározó személyiségeket. Ismerteti a képzés négy korszakának tanterveit és összehasonlító elemzést is végez.

Abstract: A short review of the history of the education of the meteorologist is presented showing the role of the prominent personalities who worked on the forming of the education. Curriculums of the four characteristic epochs of the education are also analyzed and compared with each other.

Bevezetés. A meteorológia, bár az időjárás megfigyelések és felhasználásuk története akár az ókorig visszavezethető, mai valóságában fiatal tudomány, így oktatása és a meteorológus képzés is viszonylag rövid múltra tekinthet vissza. Mégis, amikor a képzésről beszélünk, érdemes jelzésszerűen felidézni azokat az intézményeket és azokat a ma már történelmivé vált nagynevű személyiségeket, akik a meteorológia modern tudománnyá válásán és a képzés megteremtésén munkálkodtak, mert a jelent is jobban értjük, ha az idáig vezető út mérföldkövein végigtekintünk. A meteorológus képzés létrejöttéhez a földtudomány kutatóinak intézetekbe tömörülésén, majd a tudomány művelőinek társaságokba szerveződésén keresztül vezetett az út.

1870-ben megalakult az Országos Magyar Királyi Meteorológiai és Földdelejjességi (később Földmágnességi) Intézet. „Fő feladatát képezte az ország klimatikus és földmágnességi viszonyainak a kipuhatólása.”

1924-ben Róna Zsigmond javasolta a Meteorológiai Társaság megalakítását, ami 1925. január 25-én jött létre, elnöke Róna Zsigmond, főtűkára Réthly Antal lett. Az Intézet és a Társaság megszervezésével párhuzamosan folyamatosan bővült a meteorológia oktatása is. A Budapesti Tudományegyetemen (az ELTE elődje), Kövesligethy Radó (Eötvös munkatársa, geofizikus egyetemi tanár) 1890 óta rendszeresen tartott előadásokat "Meteorológia" címen, Czirbusz Géza földrajztudós professzor a leíró földrajz részeként, de esetenként önálló kurzusban is klimatológiát adott elő. Klupathy Jenő a „gyakorlati fizika” professzora ugyancsak hirdetett a meteorológia körébe tartozó előadásokat. A képzés összefogására,



Kövesligethy Radó szobra
az ELTE aulájában.



Klupathy Jenő (1861–1931).

Héjas Endre (a Meteorológiai Intézet alelnöke) már a századforduló táján (1906) sürgette egy önálló Meteorológia Tanszék létesítését a Budapesti Tudományegyetemen. Az önálló Meteorológia Tanszék létesítésének gondolata ezután újra és újra felmerült, s bár az Egyetem gondoskodott arról, hogy a meteorológiának magántanára legyen, önálló tanszék nem létesült.

A Magyar Meteorológiai Társaság alapszabályában a célok között szerepelt „a meteorológiai szakoktatás felkarolása”, így a társaság a tanszék létesítésének ügyét is aktívan támogatta. 1939-ben Réthly Antal, Róna Zsigmond, Cholnoky Jenő és Belák Sándor, majd 1943-ban Réthly Antal, Cholnoky Jenő, Belák Sándor és Hille Alfréd fogalmazott felterjesztést a Vallás és Közoktatástügyi Miniszterhez meteorológiai tanszék létesítésére. Mindkét felterjesztés erőteljesen részletezte a külföldi példákat és hivatkozott a meteorológia önálló tudománnyá válására. Érdemes felidézni az 1943-as beadvány ma is érvényes szavait, amelyek azután az önálló meteorológus képzés indoklásául is szolgálhatnak.

„Mindazok, akik ma nálunk a meteorológiát hivatásszerűen művelik és a szakmájukban végzett kutatásokkal külföldön is elismerést tudtak kivívni, mindannyian nélkülözték a szakmájuk körébe vágó különleges egyetemi kiképzés áldásait és az autodidakszis keserves útján jutottak annak, az egyes részleteiben talán még ma sem kellően elmélyülő tájékozottságnak a birtokába, amelyet más államokban az egyetemi oktatás készen összeállítva nyújt a szakemberek fiatal nemzedékének.”

A Magyar Meteorológiai Társaság kitartó munkája 1945-re érett be. Ekkor jött létre Száva-Kováts József vezetésével a Léggör- és Éghajlattani Tanszék, a mai

Meteorológiai Tanszék elődje. Ezzel megteremtődött az önálló meteorológus képzés lehetősége, ám a képzés csak öt évvel később, 1950-ben indult meg.

A meteorológus képzés. Az ELTE 1950-től folyamatosan képez diplomás meteorológusokat, bár a képzés átalakítása miatt 1958-1962 között nem adott ki meteorológus diplomát. A képzésben négy fő korszakot különíthetünk el.

A képzés **első korszakában** 9 féléves önálló meteorológus képzés folyt, 1950 és 1957 között 114 diplomás lépett ki az egyetemről. Félő volt azonban, hogy ilyen ütemű képzés mellett a pálya hamar túltelítetté válik, ezért ez a képzés megszűnt. Ennek a képzésnek a tantervei az alapozó kurzusokban erősen emlékeztetnek az akkori igen erős matematika-fizika szak tanterveire. Az előadók is többnyire ugyanazok, így a meteorológushallgatók kiváló matematikusokkal és fizikusokkal találkoztak tanulmányaik során. Az *1. táblázat* a meteorológus képzés főbb tantárgyait foglalja össze.

A tantervben egy hétre vetítve összesen 219 óra (az oktatott tárgyak heti óraszámának összege az egyetemi képzés során) szerepelt, amiből 54 matematika, 30 fizika, 8 földrajz és 127 meteorológia volt. A tanterv azonban a képzés során is változott, úgy tűnik, mintha a geometria és az algebra fokozatosan kikopott volna belőle, s helyette megjelent a kémia és az elméleti mechanika. *(E sorok írója az összeállítást néhány kollégától kapott indexek alapján készítette és elnézést kér az esetleges pontatlanságokért.)* A táblázat döntően mutatja a képzés jellegét; erős matematikai és fizikai alapozásra épülő sajátosan meteorológiai oktatás. A tantárgyakat jegyző tanárok szakjuk kiemelkedő egyéniségei voltak, csak irigyelni lehet az induló képzés résztvevőit, (ma már nyugdíjas kollégáinkat és többnyire tanárainkat) ezért a magas szintű oktatásért.

A **második korszakban** a meteorológiát matematikus, fizikus, matematika-fizika tanár és földrajz szakos hallgatók vehették fel kiegészítő szakként (*2. táblázat*). Ez a szakasz 1980-ig tartott. Ebben az időszakban az egyetem 96 meteorológust bocsátott ki. Az összehasonlítás kedvéért érdemes

itt is megjeleníteni a tantervi hálónak a meteorológus képzésre vonatkozó részét. Az egy hétre vetített meteorológiai össz-óraszám 60. Minthogy ebben a képzésben döntően matematika-fizika szakos hallgatók vettek részt, ezért érdemes megemlíteni, hogy a képzés teljes órászáma egy hétre vetítve 376 volt, amelynek kétharmadát matematika és fizika tette ki. A tantervi hálók és az előadók az 1960-ban induló képzésnek felelnek meg, a későbbiekben természetesen ez a tantervi háló és a tanárok személye is változott.

A **harmadik korszak** 1976-ban kezdődött, amikor a meteorológia fejlődése ismét önálló képzés létrehozását és egyszakos meteorológus diplomák kiadását tette szükségessé. Két évig (1976 és 1977) az egységes Földtudományi alapképzésből szakosodtak a hallgatók, majd 1978-ban ismét elindult az 5 éves egyszakos meteorológus képzés. Ezt a szakaszt az egyetemi képzés kétciklusúvá alakítása zárta le. A képzés moduláris szerkezetét a *3. táblázat* mutatja.

A tantervi háló adatai itt kreditben adóttak, így bár az egy kredit, heti egy kontaktóra megfeleltetés nagyjából elfogadható, a számok igazán pontosan csak az arányokat tükrözik. Amellett, hogy a korábbi képzések erős matematikai és fizikai alapozása megmaradt, erőteljesen megjelent a képzésben a földtudomány. Új vonása a tantervnek az informatika bevezetése, és a diplomamunka nagy kredit számmal való elismerése is. Ezzel a meteorológus szak jellegzetesen kutató szakká alakult, mert a tanulmányi idő utolsó évét majdnem teljesen önálló kutatómunkával kellett eltölteni.

A jelenleg is tartó **negyedik korszakban** csak mester (MSc) szinten folyik önálló meteorológus képzés (*4. táblázat*). A mester szintű két éves meteorológus szakra elsősorban azok jelentkezhetnek, akik az alapszintű (BSc) képzés Környezettudományi, Fizika vagy Földtudományi alapszakjának meteorológus szakirányán szereztek alapszakdiplomát, de megfelelő felvételi eredmény esetén kiegészítő tanulmányokat vállalva más alapszakokról (pl.: matematika, elektromérnök) is bekerülhetnek hallgatók. (A meteorológus képzéshez legjobban a Földtudományi BSc képzés illeszke-

1. táblázat: Az önálló meteorológus képzés első korszakának főbb tantárgyai.

Tantárgyak Előadók	I. f.é.	II. .é.	III. f.é.	IV. f.é.	Tantárgyak Előadók	V. f.é.	VI. f.é.	VII. f.é.	VIII. f.é.
Általános légkör, Éghajlat Száva-Kovács József	3+2	3+2	2	2	Európa éghajlata, Magyarország éghajlata	2 2	2 2	2	2
Kísérleti fizika Pócsa Jenő	5+2	5+2	4+1	4+1	Dinamikus meteorológia Décsi Frigyes	5+3	5+3		
Analízis Császár Ákos	3+4	3+4	5+3	5+3	Aerológiai mérés Béll Béla	2+5	2+5		
Geometria, differenciálgeometria Hajós György	3+2	3+2	3+1	3+1	Észlelések feldolgozása Dobosi Zoltán	2+4	1+3		
Bevezetés az algebrába Fuchs László	3+1	3+1			Valószínűségszámítás		2+1		
Földrajz Láng Sándor		2+2	2	2	Színóptikus meteorológia Ozori Zoltán			4+4	4+4
Légkörfizika Aujeszkó László					Távprognózis Berkés Zoltán			4	4
Időjelzés Aujeszkó László		1			Agrometeorológia Erdős László			4	4
					Mikroklimatológia Dobosi Zoltán			4	4

2. táblázat: A meteorológus képzés második korszakának főbb tantárgyai.

Tantárgy	I. év	II. év	III. év	VII. f.é.	VIII. f.é.	IX. f.é.	X. f.é.
A légkör fizikája Dési Frigyes	2+1	2+1					
Aerológia Rákóczi Ferenc			1+2				
Dinamikus meteorológia Dési Frigyes			2+1				
Műszertan Erdős László				1+1			
Dinamikus meteorológia Makainé Császár Margit				2+1	2+1		
Szinoptikus meteorológia Makainé Császár Margit				2+2	2+2		
Agrometeorológia Erdős László					2	2+1	2+1
Klimatológia Dobosi Zoltán						2	2
Éghajlat Felméry László						2	2
Repülésmeteorológia Berkes Zoltán						1	
Távprognosztika Berkes Zoltán						1	1
Mikroklimatológia Dobosi Zoltán							1

dik.) A meteorológus mesterképzés előrejelző és éghajlat-kutató szakirányra bomlik. A két szakirány képzése 30 kreditben tér el egymástól. A hagyományos meteorológusi feladatokra inkább az előrejelző szakirány készít fel.

Jól látszik a földtudományi BSc szak és a meteorológus MSc szak moduláris szerkezete is. A pontos tantervi hálók és a tantervek részletes leírása megtalálható a Meteorológiai Tanszék honlapján (<http://nimbus.elte.hu/met/>). Megállapítható, hogy a BSc és MSc képzés együttese hasonlítható össze leginkább a korábbiakkal, így a két képzési ciklust érdemes együtt tekinteni. Az erős matematikai és fizikai alapot itt jelentős óraszámú informatikai képzés egészíti ki. Érzékelhető, hogy a három év után megszerzendő alapidiploma miatt a képzés íve megtörik. A diplomamunka korábbi majd egy éves ideje két részre esik szét, így a hallgatók a mesterképzési szakaszban sem tudnak igazi kutatómunkát végezni. Emellett a BSc képzésben a meteorológia szakirány lezáratlan, nehéz választ adni arra a kérdésre, hogy az alapidiploma milyen munkakör betöltésére tesz alkalmassá. Kétségtelen előny azonban, hogy harmadév után nemcsak a Földtudományi alapszakról, hanem más alapszakokról is érkehetnek hallgatók. A kétciklusú képzés azonban még éppen csak elkezdődött, mesterképzésen csak két évfolyam végzett, ezért a tantervi hálókat biztosan korrigálni kell a tapasztalatok szaporodásával.

Végül az 5. táblázatban összehasonlítjuk a négy korszakon átívelő meteorológus képzés struktúráját. Az óra- illetve kreditszámok mutatják, hogy a leginkább meteorológus kutató képzésre orientált korszak a harmadik, az önálló meteorológus képzés volt. Ekkor került be a tanulmányokba a legkevesebb idegen elem. (A sorok összegei azért nem egyeznek az összes oszlopban feltüntetett számokkal, mert

a sorokban csak a meteorológus képzést jelentő, illetve azt megalapozó órák számát tüntettük fel.) Ekkor jelent meg a diplomamunka önálló kredit számmal. Természetesen az első és második korszakban is kellett diplomamunkát készíteni, azonban mindig más feladatok mellett kellett a hallgatóknak szakmai kutatást végezni. Nyilvánvaló hátrányként említhetjük azonban, hogy a hazai elhelyezkedési lehetőségek mellett a nagyon speciális meteorológus képzésben szerzett diploma a hallgatók munkahely választási lehetőségeit jelentős mértékben korlátozta.

Összességében elmondható, hogy a meteorológus diploma mögött mindig színvonalas szakmai képzés volt. Az első három képzési korszak mindegyikéből említhetünk nagy ívű pályát befutó kollégákat, s meggyőződésünk, hogy az MSc diplomát szerzők között is lesznek mind a meteorológiában, mind más természettudományos pályán komoly tudományos karriert befutó hallgatók. Ebben a rövid összefoglalásban nem sorolható fel minden, a maga korában fontos jegyzet és tankönyv.

Az olvasó talán megbocsátja, ha e cikk írója zárásként mégis kiemel a kitűnő művek sorából néhány jegyzetet és tankönyvet amely hosszabb ideje tankönyvül szolgál az oktatásban és a képzés fejlődésének mérföldkövévé vált:

Bencze Pál - Major György - Mészáros Ernő:

Fizikai meteorológia

Czelnai Rudolf - Götz Gusztáv - Iványi Zsuzsanna:

Bevezetés a meteorológiába II. A mozgó légkör és óceán

Götz Gusztáv - Rákóczi Ferenc:

A dinamikus meteorológia alapjai

Gulyás Ottó - Dévényi Dezső:

Matematikai statisztikai módszerek a meteorológiában

Práger Tamás:

Numerikus előrejelzés

3. táblázat: Az újra önálló meteorológus képzés harmadik korszakának főbb tantárgyai.

Modulok	mat	fiz	kém	ált met	din met	szinop	agro	körny	összes
Bevezető	41	29	6	5					81
Informatika									15
Dinamikus és szinoptikus meteorológia					28	22			50
A légkör fizikai és kémiai folyamatai		9	5				10	5	29
Klimatológia									21
Mérések, műhold-meteorológia									20
Speciális kollégiumok, földtudományi tárgyak									34
Diplomamunka									50
Összesen									300

4. táblázat: A meteorológus képzés negyedik korszakának (BSc, MSc) főbb tantárgyai.

BSc képzés modul (kredit)	mat	fiz	info	kém	ált met	din met	szinop	klim	légkörfiz - kém	összes
Alapozó	17	10	12	4						43
Földtudományi										48
Meteorológia	18	14	2		5	9	4	8	9	69
Spec. koll.										10
Szakdolgozat										10
Összesen										180

MSc képzés Modul	mat	fiz	info	din met	szinop	légkör-fiz	felsz-légkör	klim	óceán	összes
Alapozó	6	6	2							14
Dinamikus és szinoptikus met.				9	10					19
Légkörfizika, klimatológia						6	4	7	1	18
Mérés- és adat-feldolgozás										11
Spec. koll.										8
Előrejelző szakirány										30
Éghajlatkutató szakirány										30
Diplomamunka										20
Összesen										180

5. táblázat: A meteorológus képzés négy korszakának összehasonlító adatai.

korszak	mat-fiz	info	meteor	diploma	összes
I. Korszak	84		127		219
II. Korszak	250		60		376
III. Korszak	70	15	120	50	300
BSc	69	14	37	10	180
MSc	12	2	86	20	120
IV. Korszak	81	16	123	10+20	300

Alkalmazott rövidítések:

mat – matematika,
fiz – fizika,
kém – kémia,
ált met – általános meteorológia,

din met – dinamikus meteorológia,
szinop – szinoptikus meteorológia,
agro – agrometeorológia,
körny – környezetvédelem,
info – informatika,

klim – klimatológia,
légkörfiz-kém – légkörfizika és légkörkémia,
felsz-légkör – felszín-légkör kölcsönhatások,
óceán – óceánográfia

TEHETSÉGGONDOZÁS – TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI TEVÉKENYSÉG AZ ELTE METEOROLÓGIAI TANSZÉKÉN

TALENT DEVELOPMENT PROGRAMS – UNDERGRADUATE RESEARCH ACTIVITY AT THE DEPARTMENT OF METEOROLOGY OF EÖTVÖS LORÁND UNIVERSITY

Weidinger Tamás

ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.
weidi@caesar.elte.hu

Összefoglalás: A tudományos diákköri mozgalom, a kétévente megrendezett Országos Tudományi Diákköri Konferenciák (OTDK) rendszere – igazi *hungaricum*, az egyik alapja a versenyképes felsőoktatásnak és kutatóképzésnek. A 2011 tavaszán megrendezett jubileumi XXX. OTDK 16 szekciójában 4470 tudományos diákköri (TDK) dolgozat hangzott el; az ezt megelőző intézményi konferenciákon pedig több mint 13 ezer, ami a hazai felsőoktatás dinamizmusát jelzi. Külön konferencia-sorozata van a környezettudománynak. A XIII. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferenciát (OFKD) 2012 tavaszán a Pannon Egyetem rendezte Veszprémben. Röviden áttekintjük a magyar önképzőkori rendszer fejlődését a XVIII. század végétől napjainkig, majd a tudományos diákköri tevékenység felépítésével és működésével foglalkozunk. Bemutatjuk az ELTE diákköri munkáját. Megismerkedünk a Természettudományi Karon működő 12 diákkörrel, a Kari Tudományos Diákköri Tanács tevékenységével, majd a Meteorológiai TDK rövid történetével, eredményeivel foglalkozunk. Külön részt szentelünk a meteorológiával foglalkozó dolgozatoknak, a társegyetemek diákköri tevékenységének.

Abstract: The Undergraduate Research movement and the National Undergraduate Research Conferences (OTDK in Hungarian) every two years are distinctly Hungarian (so called „*hungaricum*”). There are important fundaments of the competitive high education and research. 4770 undergraduate research essays were presented in the 16 sections of the 30th jubilee OTDK conference series in spring of 2011. At the level of the institutes more than 13000 student essays were presented, which illustrates the importance of the ongoing research activity in the Hungarian high education. There are separate conference series for the environmental sciences. The last Hungarian High Education Environmental Sciences Student Conference (XIII OFKD in Hungarian) was organized at the Pannon University (Veszprém) in spring, 2012. After a short overview of the Hungarian educational circles from the 18th centuries to the present, the structure and the activity of the Undergraduate Research movement are presented. The history and results of the Undergraduate Research (TDK in Hung.) in the field of meteorology at ELTE and the partner universities are also reviewed.

Bevezetés. A középiskolai tanulmányi versenyek, a több mint 100 éves Középiskolai Matematikai és Fizikai Lapok (Kömal, alapítva 1893), a nemzetközi diákolimpiákra felkészítő szakkörök, majd a felsőoktatásban a tudományos diákköri tevékenység, a szakkollégiumi rendszer és a külföldi részképzéseket koordináló ERASMUS program a hazai tehetséggondozás meghatározó elemei. A diákköri tevékenység speciális tanár-diák viszonyt jelent, ahol a hallgatók – a kötelező oktatási feladatokon túl – bekapcsolódhatnak a kutatásba, megismerkedhetnek a számukra érdekes témákkal, de képet alkothatnak a témavezető habitusáról, stílusáról is, ami szintén megkönnyíti a választást (Bencze, 2002; Csermely, 2003; Anderle és Koósáné, 2008).

A diákköri konferenciákon a hallgatók előadói gyakorlatra tesznek szert, betekintést nyernek a társintézmények, társegyetemek munkájába, szélesedik a látókörük. Olyan ismeretségek, barátságok szövődnek, amelyek a későbbi tudományos együttműködés alapját képezhetik. Ezért is fontos a TDK.

Az országos tudományos diákköri tevékenység több mint 1/8-át az ELTE adja. A legtöbb TDK dolgozat a

Természettudományi (TTK), a Bölcsészettudományi, valamint az Állam- és Jogtudományi Karon készül. A TTK-n 12 diákkör működik. Tevékenységüket a Kari Tudományos Diákköri Tanács koordinálja. Az ELTE TTK a 2009-es OTDK 3700 dolgozatából 225 dolgozattal (6%), míg a 2011-es konferenciasorozat 4470 dolgozatából 243-mal (5,5%) képviseltette magát.

Az utóbbi négy évben a Meteorológiai TDK decemberi konferenciáján már 20 felett volt az előadások száma. Minden hatodik-hetedik hallgatónk készít TDK dolgozatot évente, ami országos összehasonlításban az egyik legjobb: az országos átlag 60–70 hallgatónként 1 dolgozat, míg a kari átlag: hozzávetőlegesen 20 hallgatónként 1 dolgozat (Weidinger, 2010; Takács és Takácsné, 2010).

A diákköri tevékenység története és szerepe a változó felsőoktatásban

A korabeli önképzőkörök. Az önképzőkori tevékenység hagyományai a XVII. századi református iskolákig, illetve a jezsuita oktatásig nyúlnak vissza (Erdélyi, 2002; Kopp, 2010). Magyarországon az első önképzőkört – Magyar Társaság néven – Kis János alapította 1790-ben, a soproni líceumban. A reformkor előtti idők németesítő törekvései-

vel szemben ez volt az egyetlen lehetőség a magyar nyelv művelésére. Az 1541-es alapítású Pápai Református Kollégium önképzőkörre például 1841-ben alakult, s az államosításig működött. Tagjai között volt Jókai Mór és Petőfi Sándor.

Az önképzőkörök mellett fontos szerepet játszott a diák-önkormányzatiság is, különösen a protestáns iskolákban. A Sárospataki Református Kollégiumban már 1813-ban alapítottak ilyen szervezetet.

Kalandozzunk egy kicsit Erdélyben is! A Gyulafehérváron létesített, majd I. Apafy Mihály (1632–1690) által Nagyenyedre költöztetett református főiskolán (ma Bethlen Gábor Kollégium) 1791-ben Thoroczkay Pál vezetésével egy diákcsoport már az anyanyelv művelésére szervezett előadásokat. A híres nagyenyedi kollégium ifjúsági önképzőkörre Herepei Károly professzor vezetésével a kiegyezés előtt, 1859-ben alakult, az általuk kiadott újság 1920-ig működött. Az önképzőkör az 1990-es években szerveződött újjá.

A klasszikus önképzőkörök mára szinte teljesen eltűntek a középiskolákból. A szakköri tevékenység, a különböző pályázatokra, tanulmányi versenyekre történő felkészülés vette át a szerepüket, s ad súlyt a kötelező tananyagon túli ismeretszerzésnek (pl. a Kutató Diákok konferenciái, ahol néhány meteorológus hallgató is részt vett középiskolás korában). Szerencsére vannak olyan mérési programok, ahol a meteorológiai megfigyelések is fontosak (pl.: a GLOBE program, az OMSZ által szervezett ifjú meteorológus mérőhálózat, vagy akár a néhány éve alakult amatőr meteorológiai mérőhálózatok).

A szakkollégiumi rendszer. A hazai felsőoktatásban a XIX. század végétől működnek tehetséggondozó kollégiumok. Gondoljunk csak a párizsi École Normale Supérieure mintájára 1885-ben Báró Eötvös Loránd (1848–1919) alapította Eötvös József Kollégiumra. A ménesi úti nagy múltú intézmény az ELTE szakkollégiuma, ami a jó képességű, széles érdeklődési körű egyetemi hallgatók minőségi tudós-tanár képzését tekinteli feladatának. A kollégium a meteorológus hallgatók számára is nyitva áll. Jelenleg is van ott hallgatónk, Bottyán Emese és Garamszegi Balázs.

1945–48 között, a népi kollégiumok rendszere vitt egyedi szint a hazai tehetséggondozásba egy változó, ellentmondásos korban. A mozgalom gyökerei a két világháború közötti oktatási rendszerig, a szegénysorú vidéki fiatalok felkarolásáig nyúlnak vissza. A kollégiumok életét két tényező határozta meg: egyrészt az önkormányzás rendje, másrészt a kollégium közösségi, szellemi műhelyként való működése (Lázár, 2000). E felfogásnak nem kedvezett az 50-es 60-as évek politikája, a nosztalgia azonban megmaradt.

A mai szakkollégiumi rendszer kialakulását a Chikán Attila nevével fémjelzett Rajk László Szakkollégiumhoz köthetjük, amit a közgazdász hallgatók alapítottak 1970-ben. Itt fontos szerep jut a közösségi életnek, az ön-

képzésnek, s nem maradhat ki a tudományos dolgozatok, pályamunkák készítése, a tudományos konferenciákon, így az OTDK-n való részvétel sem.

Az 1970-es évek végén az ELTE budaörsi úti kollégiumában indult az a jogász szakkollégiumi kezdeményezés, ami aztán 1983-ban talált otthonra az akkor újonnan átadott ménesi úti kollégiumban. Ez lett a Bibó István Szakkollégium. (Érdeemes megnézni, hogy kik és milyen címmel írtak TDK dolgozatot az 1986-os OTDK Állam- és Jogtudományi Szekciójában, *Anderle, 2001, Bencze 2002*)

Az ELTE Informatikai Kar és a TTK-s hallgatók tehetséggondozását szolgálja az 1992-ben alapított Bolyai Kollégium. A szakmai rendezvények, előadások közül kiemelkedik az évente megrendezésre kerülő Bolyai Konferencia. A korábbi meteorológus hallgatóink közül Radics Kornélia (jelenleg az MH Geoinformációs Szolgálat munkatársa) volt a Kollégium tagja, PhD ösztöndíjasként.

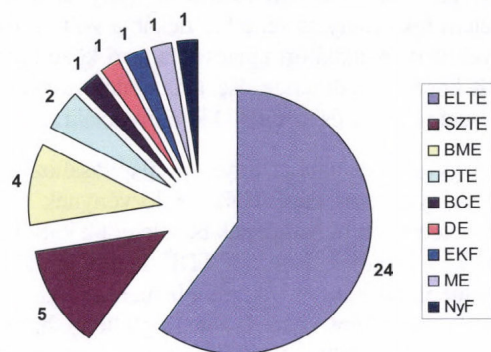
A kilencvenes évek második felétől minden nagyobb egyetemen és főiskolán létesültek szakkollégiumok. Egyre több fővárosi és vidéki egyházi tehetséggondozó kollégium is alakult, ahol a tanulás és a szakmai előadások mellett a hitélettel kapcsolatos tevékenység is fontos szerepet játszik. Egy-egy jó kollégium életre szóló élményt ad, segíti a szakmai munkát és az értelmiségi képzést (talán még nem teljesen elkoptatott kifejezés).

A tudományos diákköri tevékenység az 1950-es évektől napjainkig. A XX. század húszas-harmincas éveitől kezdődően voltak már olyan érdeklődő egyetemi hallgatók, akik kiemelkedő tudású professzoraik hatására lelkesedésből bejártak a tanszékekre, és tudásuknak megfelelően részt vehettek az ott folyó kutatómunkában. Ez főleg az orvostudományi egyetemekre volt jellemző.

„Az ötvenes évek elején a hallgatók egy részének önképzési szándéka, a minőségi képzés iránti igény és a felsőoktatási tudományos utánpótlás elősegítése hívta életre a tudományos diákköröket. Olyan hagyományról van szó, amely a változó időkben, a körülötte zajló viták ellenére is mindig alapfeladatának megfelelően működött, s mindig értéket tudott felmutatni.” (*Szendró és Koósáné, 2002*). A diákköri tevékenység, amely egy speciális tanár-diák viszony, mindig is igyekezett megőrizni függetlenségét az oktatási rendszerben (*Baranyainé et al., 2008*).

Mára az ország csaknem minden felsőoktatási intézményében folyik tudományos diákköri munka. A TDK kerekei közt végzett tudományos munka a doktori képzés egyik legjobb előiskolája, a PhD iskolákba való felvétel fontos feltétele (*Anderle, 2001; Erlichné, 2002*).

Az országos és a szakterületi tudományos diákköri tevékenység. Az intézményi, kari, illetve tanszéki szinten szerveződő tudományos diákkörök koordinálására 1973-ban jött létre az Országos Tudományos Diákköri Tanács (OTDT). Az OTDT ülések közötti folyamatos munkát, az intézményi TDK felelősökkel történő kapcsolattartást



1. ábra: A 40 első helyezés megoszlása a 2011-es OTDK Fizika-Földtudomány-Matematika Szekciójában intézmények szerint (ELTE – Eötvös Loránd Tudományegyetem, SZTE – Szegedi Tudományegyetem, BME – Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, PTE – Pécsi Tudományegyetem, BCE – Budapesti Corvinus Egyetem, DE – Debreceni Egyetem, EKF – Eszterházy Károly Főiskola, Eger, ME – Miskolci Egyetem, NyF – Nyíregyházi Főiskola). (Hadházy és Sütő, 2011),

1987 óta a Szakmai Bizottságok, az Ügyvezető Elnökség és a Titkárság működése segíti.

Jelenleg 16 szakmai bizottságban folyik a munka. Ezek feladata az egyes szakterületek diákköri tevékenységének koordinálása, s a két évente megrendezésre kerülő Országos Tudományos Diákköri Konferencia adott szekciójának a megrendezése.

A meteorológia a Fizika-Földtudomány-Matematika (FiFöMa) Szakmai Bizottsághoz tartozik, ami az egyik legnépesebb szekció több mint 300 dolgozattal. Az ELTE TTK részéről a cikk szerzője is részt vesz a Szakmai Bizottság munkájában. A következő, XXXI. OTDK konferenciasorozat 2013 tavaszán kerül megrendezésre. A FiFöMa Szekció konferenciája a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen lesz.

A FiFöMa 2011-es nyíregyházi konferenciáján 320 dolgozatot mutattak be a 40 alszekcióban. A felsőoktatási intézmények eredményességét az 1. ábra mutatja. Az OTDK szabályai szerint a dolgozatok harmada részesül díjazásban (1., 2. vagy 3. díj), s természetesen vannak dicséretes és különdíjak is. A konferencián négy alszekcióban voltak meteorológiai előadások és egy poszter is készült. Az ELTE Meteorológiai TDK-t 27 dolgozat képviselte (a dolgozatok több mint 8%-a). Hallgatóink 2 első, 3 második és 3 harmadik díjat, valamint 3 különdíjat kaptak. A korábbi évektől eltérően az ELTE-n kívül csak a Szegedi Tudományegyetemről érkezett TDK dolgozat, ami a klimatológia szekció első díját nyerte.

Az OTDT kitüntetései. Egy-egy két éves OTDK periódus zárásaként a konferencia évének az őszén adják át a különböző elismeréseket. A legrangosabb hallgatói kitüntetés a *Pro Scientia Aranyérem*, amit 1989-ben alapítottak (2. ábra). Erre azok pályázhatnak, akik első díjat szereztek az OTDK-n, s kimagasló hallgatói tudományos telje-

sítményt nyújtottak a megelőző években (hazai és külföldi cikkek, konferencia részvétel, kiváló tanulmányi munka stb.). A többlépcsős odaítélési eljárás után 45–48 diákkörös veheti át az Aranyérmet az MTA elnökétől (Koósáné és Baranyainé, 2008).

Négy meteorológus hallgató részesült már a kitüntetésben. Radics Kornélia (témavezetője: Bartholy Judit) 1997-ben vehette át az elismerést. Azóta megvédte a PhD dolgozatát, a Magyar Honvédség tisztje, oktat az ELTE-n, s a Magyar Meteorológiai Társaság főtákará. Kovács Mihály 2001-ben kapta meg az elismerést (témavezetői: Faragó István, Vattai Gábor és Ács Ferenc), majd az Egyesült Államokban (Baton Rouge) szerezte meg matematikából a PhD fokozatot. Jelenleg Új-Zélandon dolgozik.

Az ELTE Meteorológiai TDK nevezte 2005-ben Bartók Blankát a Babes-Bolyai Tudományegyetem földrajz szakos hallgatóját (témavezető: Mika János), a PhD tanulmányait Debrecenben végezte, jelenleg Kolozsvárott tanít, s a megújuló energiaforrásokkal foglalkozik. Haszpra Tímea 2011-ben kapta meg a rangos elismerést, 2011-től az ELTE Fizika Doktori iskola hallgatója. (témavezetői: Tasnádi Péter és Tél Tamás).

A társegyetemek hallgatói közül 2007-ben Gál Tamás (Szegedi Tudományegyetem, TTK Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, témavezető: Unger János) kapott Aranyérmet.

A diáktudományos tevékenység szervezéséért, a színvonalas és sikeres tanár-diák együttműködésért és a tudományos iskolateremtő munkáért veheti át két évente 50 témavezető a *Mestertanár Aranyérem* kitüntetését (2. ábra). Ez a tehetséggondozás egyik legrangosabb elismerése, aminek az alapja a teljes életpálya mérlegelése. Bartholy Judit 2005-ben kapta meg a címet. A meteorológia szakos (illetve szakirányos) hallgatókat oktatók közül Weiszbürg Tamás (2001), Tél Tamás (2007), Cserti József és a fizikus Horváth Ákos (2009) is részesült ilyen kitüntetésben.

A társegyetemek meteorológiával foglalkozó oktatói közül Vig Péter (Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki kar) 1999-ben, Unger János (Szegedi Tudományegyetem, TTK Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék) 2007-ben, Puskás János (Nyugat-magyarországi Egyetem Természettudományi és Műszaki Kar) 2009-ben kapta meg ezt a rangos elismerést.

Az OTDT kitüntetései között szerepel a *Honoris Causa Pro Scientia Aranyérem*, amit a tudományos diákkörökért sokat tevékenykedő iskolateremtő professzoroknak, közéleti személyiségeknek adományoznak. Ilyen elismerést kapott a Természettudományi Karról Kiss Ádám professzor 1999-ben, aki a Környezettan alapszak oktatását irányítja. Erről az alapszokról is felvehetik a BSc-s hallgatók a meteorológia szakirányt.

Az OFKD konferenciák. Két évente rendezik meg az Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonfe-

renciát (OFKD), aminek a Vidékfejlesztési Minisztérium környezet-ügyért felelős államtitkársága a fő támogatója (3. ábra). A legfontosabb különbség a két konferenciasorozat (OTDK és az OFKD) között a dolgozatok típusában, és a jelentkezés módjában van.

Az OTDK-n a kötelező oktatási feladatokon (pl. évfolyam-dolgozat, beszámoló, szakdolgozat, diplomamunka) felüli kutatómunkával lehet indulni, ami bemutatásra került kari, vagy intézményi TDK konferencián. Az OFKD ezzel szemben egy „seregszemle”, ahol az elmúlt két év környezettudományi dolgozatai indulhatnak, legyen az TDK, szakdolgozat, vagy diplomamunka. Az egyes diákkörök mellett tanszékek, intézetek, egyetemi és főiskolai karok is benevezhetnek dolgozatokat.

A 2012-es XII. OFKD konferenciát Veszprém-ben rendezték. Ide az ELTE küldte a legtöbb dolgozatot (47), nem kis részben a meteorológus hallgatóknak (24 dolgozat) köszönhetően (1. táblázat). Az 1990-es évek végén az ELTE még csak a harmadik-negyedik legtöbb dolgozatot küldő intézmény volt: ekkor még nem indult el a környezettudományi képzés.

A TDK működése az ELTE Természettudományi Karán. Az ELTE TTK-n régi hagyománya van a szakterületi rendszerben működő tudományos diákköröknek. Tevékenységüket a kari Tudományos Diákköri Tanács koordinálja. A tanács elnöke *Medzihradszky Kálmán* professzor,

aki bölcsességével, szakmai tudásával irányítja a munkát (az egyetem rektorhelyettese, a kar dékánja volt az 1980-as 90-es években). A diákköri tanács feladatai közé tartozik a kari TDK konferenciák rendezése, a hallgatók részvételének szervezése az OTDK és az OFKD konferenciákra.

Nagy hagyománya van az Egyetem alapításához kapcsolódó Pázmány-Eötvös napi TDK rendezvénynek is május második hetében. Itt mutatkoznak be a legjobb kari diákköri dolgozatok, s itt adják át a kari TDK Érmeket, ami a TDK témavezetői munka egyik rangos elismerése. Az érmet a Kari Tanács adományozza, évente legfeljebb háromat. A meteorológusok közül *Ambrózy Pál*, *Tasnádi Péter*, *Ilász István* és a cikk szerzője is kapott ilyen kitüntetést.

A kari Tudományos Diákköri Tanács a keretet adja a munkához, amit az egyes szakterületek töltenek ki tartalommal: TDK témákat írnak ki, konferenciákat szerveznek, s ha kell, segítik a diákok és a TDK témavezetők közötti kapcsolatfelvételt. Vannak szakterületi sajátosságok, így a geológusoknál erős az önképzőköri jelleg: előadásokat rendeznek, szemináriumokat tartanak.

A fizikusoknál a TDK hétvégéknek, a biológusoknál a TDK téli iskoláknak van nagy hagyománya. A Biológia és a Kémia Intézetben pedig az egyes tanszékek, laborok mutatkoznak be, kutatási témákat ajánlva az alsóbb éves hallgatóknak.

1. táblázat: Az OTDK és az OFKD konferenciákon való szereplés főbb adatai a 2000-es években. (A Würth művészeti szekció résztvevőit a plusz jel után írtuk.) Zárójelben a díjazottak száma (első, második, harmadik díj, valamint különdíj vagy dicséret).

* – az OTDK konferencia összes szekciójára benevezett dolgozatok együttes száma.

** – becslést ad.

*** – a dolgozatok száma után zárójelben az elért 1., 2., 3., díjak, és a különdíjak vagy dicsérek.

+ – a FiFöMa OTDK Szekció konferencia helyszínei.

Konferencia, év	Helyszín	Összes	ELTE	ELTE TTK	Meteorológiai TDK***
OFKD 2000	Debrecen	231	27	26	2 (1 első és 1 különdíj)
OTDK 2001	Pécs ⁺	2687*	416	201	10 (1, 2, –, 3)
OFKD 2002	Veszprém	185	21	20	6 (2 második, 3 különdíj)
OTDK 2003	Miskolc ⁺	3089*	436	203	5 (1, 1, –, 2)
OFKD 2004	Budapest, ELTE	263+47	49	40	5 (1, 1, –, 4)
OTDK 2005	Budapest, ELTE ⁺	3143*	459	229	11 (1, 2, 1, 7)
OFKD 2006	Eger	221+36	42**	40	11 (1, –, –, 2)
OTDK 2007	Szeged ⁺	3089*	405	198	9 (1, –, 1, 1)
OFKD 2008	Nyíregyháza	204+63	30	30	12 (1, 1, 1, 3)
OTDK 2009	Szombathely ⁺	3705*	506	225	18 (2, 1, 2, 3)
OFKD 2010	Sopron	306+95	53	53	16 (1, 1, 1, 5)
OTDK 2011	Nyíregyháza ⁺	4470*	566	243	27 (2, 3, 3, 3)
OFKD 2012	Veszprém	187+166	47	47	24 (4, 2, 1, 3)

A Meteorológiai TDK tevékenysége és eredményei. Az ELTE Meteorológiai Tanszéke 1945-ben alakult Száva-Kovács József professzor úr vezetésével. Az önálló meteorológus képzés 1950-ben indult. Ezután nem sokkal a tanszék vezetőjét és munkatársát, Révész Tamást 1953-ban koholt vádak alapján eltávolították az egyetemről. A Meteorológiai Tanszék vezetését Dési Frigyes professzor vette át és irányította 1970-ig.

Az ötvenes években négy nagy meteorológus évfolyamot képeztek. 1954 és 1957 között 114 meteorológus diplomát adtak ki. A meteorológiai oktatást a meteorológiai intézet (OMI) munkatársainak bevonásával egy kis létszámú tanszék végezte (Simon és Tanczer, 1995). Ekkor indult az országban a TDK munka. Az önképzőkori tevékenység elsősorban az akkori meteorológiai intézeti munkatársak és a diplomázó, illetve az intézeti gyakorlatokon résztvevő hallgatók szoros szakmai együttműködésében nyilvánult meg.

1960-as évektől a nyolcvanas évek közepéig. 1958 és 1962 között nem adtak ki meteorológus diplomát az ELTE-n. Az új képzési rend, ahol elsősorban matematika-fizika szakról lehetett felvenni a meteorológiát a második év után, 1958-ban indult. Általában 3–8 fő közötti, kis létszámú évfolyamok voltak (4. ábra).

Az 1970-es évek közepén újabb váltás történt. Volt néhány olyan kis létszámú évfolyam, amelyik az akkori közös földtudományi alapképzésből választhatta a meteorológiát másodév után. A „kísérlet” nem vált be. Nem volt megfelelő a matematikai-fizikai alap. Az önálló meteorológus-képzés 1978-ban indult. Az első évfolyam, ahová a cikk szerzője is járt, 1983-ban végzett 11 fővel.

A Meteorológiai Tanszéket Dési Frigyes után Dobosi Zoltán professzor vezette 1970 és 1983 között. A Meteorológiai TDK munkáját az 1960-as évektől 1985-ig Rákóczi Ferenc irányította. A kis hallgatói létszám, illetve az Országos Meteorológiai Intézettel (majd 1970-től az Országos Meteorológiai Szolgálat) meglévő jó kapcsolat segítette a diákköri munkát. Hallgatóink részt vettek az OTDK konferenciákon. Voltak diákköri összejövetelek, előadások. Az 1970-es években kezdődtek a diákköri iskolák Balatonalmádiban az OMSZ üdülőjében. A máig tartó hagyomány elindítása Rákóczi Ferenc nevéhez fűződik. Sokat tett a TDK tevékenység fejlesztéséért. Tanszékvezetése idején az



2. ábra: Az OTDT kitüntetései a Pro Scientia és a Mestertanár Aranyérem.

1983/84-es tanévben, majd 1990/91-ben a Meteorológiai TDK a Természettudományi Kar „Kiváló Tudományos Diákköre” lett.

Érdekes átnézni a régi ELTE-s TDK kiadványokat és összevetni a mai helyzettel. Az 1958-59-es tanévben például az egyetemnek három kara és összesen 4590 hallgatója volt, ebből 2081 nappali tagozatos. Ekkor 22 diákkör működött az egyetemen. A III. Országos Tudományos Diákköri Konferencián 47 dolgozatot indítottak, s közülük 30 kapott díjat (ELTE egyetemi évkönyvei). 1972-re a hallgatói létszám 6746 főre nőtt, közülük 4315 volt már nappali tagozatos. (Ma az egyetem 8 karból áll és több mint 30 ezer hallgatója van.)

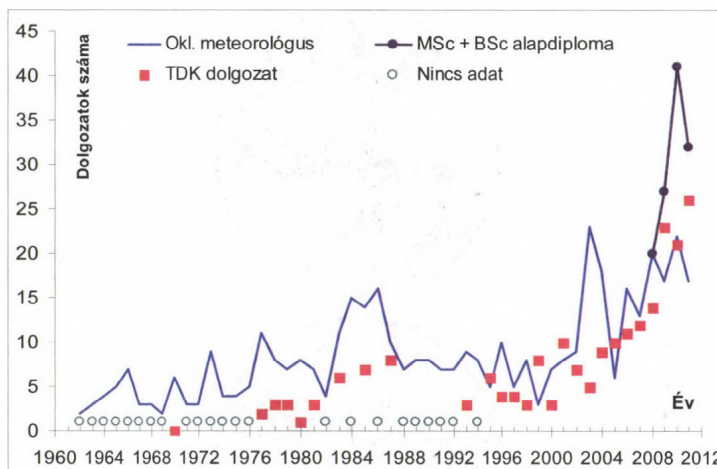
Az ELTE Tudományos Diákköri Füzetek 3. száma az 1979-es XIII. OTDK-t értékelte (Iványi, 1979). A természettudományi Karról 88 dolgozat indult. A meteorológiát 3 pályamunka képviselte. A legtöbb dolgozatot – szám szerint 18-at – a Matematikus és a Biológus TDK adta be, amíg a fizikusokat 17 dolgozat képviselte. Ehhez hasonló dolgozatszámokat látunk az 1970-es évek többi diákköri konferenciáján is. Az OTDK konferencia egyik fődíját egyébként Mika János hozta el „Éghajlatelmélet vizsgálatok a Gangyin-féle energiaegyensúlyi modellen” című dolgozatával. (Témavezető: Dobosi Zoltán). A Meteorológiai TDK titkára akkor Haszpra László volt.

TDK tevékenység a társintézményekben. A szegedi egyetem (akkori József Attila Tudományegyetem, JATE) Éghajlattani Tanszékén Wagner Richárd, majd az őt követő tanszékvezető, Péczely György professzor fektetett nagy energiát a diákköri munkába. Ezt a hagyományt folytatta Koppány György professzor úr az 1980-as évek közepétől, majd 1997-től Keveiné Bárány Ilona professzor asszony. Közben változott a tanszék neve is Éghajlati és Tájföldrajzi Tanszékre, amit 2007 óta Unger János irányít nagy szakértelemmel.

A debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem (ma Debreceni Egyetem) Meteorológiai Tanszékén Berényi Dénes, majd 1968 után Justyák János professzor vezette a munkát. Tőle vette át a tanszékvezetést és a diákköri feladatokat Tar Károly 1991-ben. 2009 óta Szegedi Sándor a tanszékvezető. Az akkori három tudományegyetemi természettudományi kar mellett egy-egy dolgozat érkezett tanárképző főiskolákról és az agráregyetemekről.



3. ábra: Az OFKD logója.



4. ábra: Alapszakos BSc és okl. Meteorológus (MSc) diplomát szerzett, illetve az adott évben TDK munkát készítő hallgatók száma 1962 és 2011 között.

Az 1990-es években természettudományi karral bővült Pécsi Tudományegyetemen (PTE) jelenleg *Geresdi István* professzor és a mellette dolgozó fiatal oktatók foglalkoznak a meteorológia iránt érdeklődő hallgatókkal. Időről időre képviselteti magát a diákköri konferenciákon a „veszprémi levegőkémiai iskola” is.

A meteorológia az 1970-es években vált önálló alszekciójává az OTDK Természettudományi Szekciójában. A dolgozatok száma meghaladta a 6–8 darabot.

Az 1980-as évek közepétől napjainkig. Az ELTE Meteorológiai Tanszék vezetését 1983-ban vette át *Rákóczi Ferenc* professzor úr, majd 1996-tól *Bartholy Judit* egyetemi tanár irányítja a tanszéket. A diákkör vezetését 1985-től a cikk írója látja el.

Az egyre növekvő hallgatói létszám, a bővülő kutatási lehetőségek, az OMSZ-szal, a Magyar Honvédséggel (MH GEOSZ) és a matematika, fizika, informatika tárgyakat oktató kollégákkal kialakított jó kapcsolat segíti a TDK tevékenységét, a diákköri dolgozatok elkészítését. Ehhez járul a tanszéki kollégák munkája, hallgatóink szorgalma és tehetsége. Adottak a feltételek és a kölcsönös érdekelttség.

A végzett meteorológus hallgatók és az elkészült diákköri dolgozatok számát az 4. ábra mutatja. A TDK dolgozatok száma jól követi a hallgatói létszám változását. Az utóbbi három évben a beadott nagyszámú dolgozat a kétszintű BSc-MSc képzésnek köszönhető.

Egyre több, az alapképzésben résztvevő harmadéves hallgató készíti diákköri dolgozatot. A BSc szakdolgozatok – ha azok önálló kutatási eredményt is tartalmaznak – továbbfejleszthetők a mesterképzés során TDK dolgozattá.

Diákjaink eredményesen szerepelnek az OTDK és az OFKD konferenciákon (1. táblázat). Az elmúlt két évtizedben első díjat szerzett hallgatókat, témavezetőiket és a diákköri dolgozatok címét a 2. táblázatban közöljük.

A nyolcvanas-kilencvenes években a kari diákköri konferenciák mellett szakmai előadásokat is szerveztünk. Mára a fő feladataink: i.) diákköri témák ajánlása és a TDK témaválasztás segítése, ii.) kari TDK konferenciák szervezése, iii.) részvétel az Eötvös-napi diákköri rendezvényen, iv.) az OTDK és OFKD konferenciákkal kapcsolatos szervezőmunka, v.) a TDK nyári iskolák megrendezése. A szervezési munkában a felsőbb éves hallgatók segítségére is támaszkodhatunk. A nagyobb hallgatói létszám, a diákok lelkesedése, a növekvő diákköri aktivitás egyre több feladatot jelent.

A kétfévente megrendezett TDK nyári iskolák mára hagyománnyá váltak, amit *Rákóczi Ferenc* kezdett az 1970-es években, s tőle vette át a szervezést 1984-ben e sorok írója. 2010-től a hagyomány folytatója *Mészáros Róbert*. Sokáig az OMSZ üdülője adott otthont a TDK iskolának, majd annak megszűnte után a Balatonalmádi Pedagógus-üdülő. A 2008-as rendezvényünk a Magyar Meteorológiai Társaság pécsi vándorgyűléséhez kapcsolódott, 2010-ben pedig Szigligetre „költöztünk”, míg a 2012-es TDK iskola a Bükk lábánál az Eger melletti Bogácson került megrendezésre. Rendszeresen hívunk diákokat Kárpátaljáról, Erdélyből és Délvidékről.

Különösen jó a kapcsolatunk a beregszászi II. *Rákóczi Ferenc* Kárpátaljai Magyar Főiskolával, *Molnár Józseffel* és földrajzos diákjaival.

A TDK iskolákon részt vesznek a társtanszékek meteorológia iránt érdeklődő hallgatói: gyakori vendégek a szegedi, debreceni, pécsi, veszprémi, keszthelyi és a soproni egyetemisták, de jó a kapcsolatunk a BME Áramlástan Tanszékével és a Corvinus Egyetem Kertészettudományi Karával is. Fontosnak tartjuk, hogy megismerjék egymást a hallgatók, ami a későbbi szakmai munkában hasznosulhat.

2. táblázat: Az OTDK és az OFKD konferenciákon első díjat kapott hallgatóink az elmúlt két évtizedben.

Rövidítések: Met. – Meteorológiai Tanszék, Int. – Intézet, KGRE – Károli Gáspár Református Egyetem.

Konferencia	Hallgató	Témavezető	A TDK dolgozat címe
XX. OTDK, 1991	Szunyogh István	Dévényi Dezső, OMSZ	A barotrop örvényességi egyenlet véges differenciális közelítésének statisztikus mechanikai vizsgálata
XXI. OTDK, 1993	Kovács László	Ihász István, Práger Tamás, OMSZ, ELTE Met.	Peremfeltételek előállítása a hazai rövidtávú numerikus időjárás-előrejelzési modell számára
XXII. OTDK, 1995	Sárközi Szilárd	Tánczer Tibor, OMSZ	Automatikus objektív felhőosztályozás többcsatornás, finomfelbontású digitális műholdképen
XXIII. OTDK, 1997	Radics Kornélia	Bartholy Judit, Török László, ELTE Met., OMSZ	Statisztikai kapcsolatok vizsgálata a szinoptikus meteorológiai állomásokon megfigyelt és a domborzat figyelembevételével előrejelzett szélmező között
XXIV. OTDK, 1999	Kovács Mihály	Vattay Gábor, ELTE Fizika Int.	Lokalizációs jelenségek légköri és talajbeli passzív transzport-folyamatokban
VII. OFKD, 2000	Tóth Helga	Ihász István, Weidinger Tamás, OMSZ, ELTE Met.	Trajektória és diszperziós modellek alkalmazása a nagyskálájú szennyezőanyag szállítás leírásában
XXV. OTDK, 2001	Hágel Edit	Jánosi Imre, Tél Tamás, ELTE Fizika Int.	Az újonnan felfedezett cikk-cakk instabilitás laboratóriumi vizsgálata erősen rétegzett folyadékokban
XXVI. OTDK, 2003	Csomós Petra	Faragó István, ELTE Matematika Int.	Matematikai és számítógépes vizsgálatok a légköri modellezésben
IX. OFKD, 2004	Pattantyús- Ábrahám Margit	Bartholy Judit, ELTE Met.	Esetleges ciklonpálya-eltolódások elemzése a Kárpát-medence térségére a 44 éves ECMWF reanalízis adatbázis geopotenciál mezője alapján
XXVII. OTDK, 2005	Sármány Domokos	Horányi András, Faragó István, OMSZ, ELTE Matematika Int.	Az egydimenziós spektrális barotrop modell korrekt kitérésű peremérték-feladata
X. OFKD, 2006	Hidy Dóra	Barcza Zoltán, Haszpra László, ELTE Met., OMSZ	Biogeokémiai modell kalibrálása Bayes-beccsléssel
XXVIII. OTDK, 2007	Komjáthy Eszter	Mészáros Róbert, Lagzi István, ELTE Met.	Ózonüledés becslése Magyarország területére a TREX modellel
XI. OFKD, 2008	Mile Máté	Ihász István, OMSZ	Az ECMWF ensemble előrejelzések kalibrációja
XXIX. TDK, 2009	Haszpra Tímea	Tél Tamás, ELTE Fizika Int.	Kettős örvények a légkörben: pontörvény-modell és kaotikus sodródás
XXIX. OTDK, 2009	Farkas Alexandra	Mészáros Róbert, Kiricsi Ágnes, ELTE Met., KGRE	Amikor megtörik a fény. Halojelenségek
XII. OFKD, 2010	Nagy Attila	Horváth Ákos, OMSZ	A mezo- γ skálájú modellezés új kihívásai a WRF-modell alkalmazásával
XXX. OTDK, 2011	Farkas Alexandra	Kiricsi Ágnes, Tasnádi Péter KGRE, ELTE Met.	Éjszakai világító felhők és megfigyelésük Magyarországról
XXX. OTDK, 2011	Haszpra Tímea	Tél Tamás, Tasnádi Péter ELTE Fizika Int., ELTE Met.	Légtömegek kaotikus mozgásának vizsgálata passzív nyom-elem sodródásának követésével
XIII. OFKD, 2012	Lázár Dóra	Ihász István, OMSZ	Az ensemble előrejelzések használata konvektív veszélyes időjárási helyzetekben
XIII. OFKD, 2012	Leelőssy Ádám	Mészáros Róbert, Lagzi István ELTE Met., BMGE Fizika Intézet	Az OpenFOAM általános célú CFD szoftver mikrometeorológiai alkalmazásának előkészítése
XIII. OFKD, 2012	Mesterházy Ildikó	Mészáros Róbert, ELTE Met.,	A szőlőtermesztés éghajlati adottságainak várható alakulása a Kárpát-medencében
XIII. OFKD, 2012	Tajti Dávid	Ihász István, OMSZ	Az ECMWF ensemble előrejelzések alapján ensemble vertikális profilok előállítása és verifikációja

A TDK iskola egy-egy témakör köré csoportosul, de hallhatunk az ELTE TTK, a Meteorológiai Tanszék, az MH GEOSZ és az OMSZ terveiről is. A hallgatók is bemutatják saját kutatási eredményeiket. A TDK iskolák anyaga az Egyetemi Meteorológiai Füzetek sorozatban jelenik meg (Weidinger, 2010).

Összefoglaló megjegyzések. Áttekintettük a magyarországi önképzőkörök történetét, majd az 1970-es években induló szakkollégiumi rendszerrel ismerkedtünk meg. Ezt követően bemutattuk a 2011-ben 60 éves tudományos diákköri mozgalom fejlődését, az OTDT és a szakmai bizottságok munkáját.

A Meteorológiai TDK az 1960-as évektől végez aktív munkát. Diákjaink eredményesen szerepelnek az OTDK konferenciákon, s a kezdetektől részt vesznek az Országos Felsőoktatási Diákkonferenciákon (OFKD). Az elmúlt években a Meteorológiai TDK kari konferenciáján bemutatott dolgozatok száma meghaladja a 20-at. Az utóbbi négy OFKD konferencián az ELTE TTK-ról érkező dolgozatok több mint egy negyede tőlünk származott. 2012-ben 47 dolgozatot nevezett a Természettudományi Kar, ebből 24 meteorológiai témájú (51%).

Közel négy évtizedes hagyománya van a Meteorológiai TDK nyári iskoláinak. Fontosnak tartjuk: i) az OMSZ szakembereinek, a katona-meteorológusoknak és a meteorológiával kapcsolatban levő tudományterületek képviselőinek a meghívását, ii) a társegyetemek és a határon túli hallgatók részvételét, iii) a diákok és az előadók közötti információcserét.

A diákköri munka, a TDK dolgozatok készítése a mindennapok részévé vált. Megtanít kutatási feladatok megoldására, dokumentálására, cikkek, publikációk írására. Ezek az ismeretek jól kamatoznak a szakdolgozat, illetve diplomamunka készítésénél, a szakmai pálya indulásánál. Az eredményes TDK tevékenység egyik fokmérője a PhD felvételinek. Ezért tartja kiemelten fontosnak az ELTE Meteorológiai Tanszék a diákköri tevékenységet, s ezért szervezi TDK nyári iskolákat is.

Köszönetnyilvánítás.

A Meteorológiai TDK eredményes működéséhez, a diákköri konferenciák, diákköri iskolák megszervezéséhez hosszú évtizedek óta nyújt segítséget az Országos Meteorológiai Szolgálat és a Magyar Honvédség (MH GEOSZ), amiért ezúton is köszönetet mondunk. A TDK történetéről szóló forrásanyagok megszerzésében Horváth Ákos (ELTE Atomfizikai tanszék) és Weiszbürg Tamás (ELTE Ásványtani Tanszék) segített. A cikk elkészítéséhez, a Meteorológiai TDK munkájának támogatásához hozzájárult a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR kutatóegyetemi projekt is, amit külön köszönünk.

Irodalom

- Anderle Á. (szerkesztő), 2001: A magyar tudományos diákköri konferenciák fél évszázada (1951–2001). *Kiadja az Országos Tudományos Diákköri Tanács*, Budapest.
- Anderle, Á. és Koósáné Török E. (szerkesztők), 2005: A tehetségről. Beszélgetések a tudományos diákkörökről. *Kiadja az Országos Tudományos Diákköri Tanács*, Budapest.
- Az ELTE egyetemi évkönyvei, 1952-től 1990-ig.
- Baranyainé Réti G. és Szécsi G. (szerkesztők), 2008: Képezzük őket tudóssá...” Ünnepi kötet Szendrő Péter 70. születésnapja alkalmából. *Áron Kiadó*, Budapest.
- Bencze Gy., 2002: TDK: önképzés, tudományos-utánpótlás nevelés, vagy verseny? *Magyar Tudomány* 7.
- Csermely P., 2003: A jövő tudósai. *Magyar Tudomány* 8.
- Erdélyi E., 2002: Önképzés – önkifejezés – öntudat. Önképzőköri hagyományok. *Módszertani Lapok* 3–4.
- Erlichné Bogdán K., 2002: A Főiskolások helyzete a Tudományos diákköri mozgalomban. *Magyar Tudomány* 7.
- Hadházy T. és Sütő L. (Szerkesztők), 2011: XXX. Jubileumi Országos Tudományos Diákköri Konferencia Fizika, Földtudományok és Matematika Szekció. Nyíregyházi Főiskola Természettudományi és Informatikai Kar Műszaki és Mezőgazdasági Kar 2011. április 27–29., *Krúdy Könyvkiadó és Nyomda*, Nyíregyháza, 409 oldal.
- Iványi A. (szerkesztő), 1979: A XIII. Országos Tudományos Diákköri Konferencián részt vett természettudományi kari dolgozatok kivonata. *ELTE Tudományos Diákköri Tanács*, Budapest.
- Koósáné Török E. és Baranyainé Réti G., 2008: A TDK kézikönyve. *Kiadja az Oktatókutatató és Fejlesztő Intézet, Országos Tudományos Diákköri Tanács Titkársága*, Budapest.
- Kopp E., 2010: A kálvinizmus hatása a magyar oktatásügyre. *Magyar Tudomány* 2.
- Lázár I., 2000: *Kollégium a magasban. Ökotáj* 23–24.
- Simon A. és Tanczer T. (szerkesztők), 1995: Fejezetek a magyar meteorológia történetéből 1971–1995. *Országos Meteorológiai Szolgálat*, Budapest.
- Szendrő P. és Koósáné Török E., 2002: Tudományos diákkörök – fél évszázad a tehetséggondozás szolgálatában. *Magyar Tudomány* 10.
- Takács I és Takácsné Gy.K., 2010: Tehetséggondozás a magyar felsőoktatásban. *Magyar Tudomány* 2.
- Weidinger T., 2010: A tudományos diákkörök szerepe a felsőoktatásban, a meteorológiai TDK tevékenysége. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek* 23 (Szerkesztette: Mészáros R. és Komjáthy E.), Budapest, 16–26.

Internet-es anyagok:

- Az ELTE TTK TDK honlapja: <http://ludens.elte.hu/~tdkinfo/tdt/szakter.html>
- Az OTDK mint hungarikum. Beszélgetés Dr. Anderle Ádám egyetemi tanárral: <http://www.mindentudas.hu/mindentudasegyete/20050302azotdk.html>
- Az OTDT honlapja: www.otdt.hu
- Az önképzés múltja és jelene a Bethlen Gábor Kollégiumban: <http://www.bethlengabor.ro/>
- Bibó István Szakkollégium: <http://bibo.elte.hu/>
- ELTE Bolyai Kollégium: <http://www.bolyai.elte.hu/>
- Eötvös József Collégium: http://hu.wikipedia.org/wiki/E%C3%B6tv%C3%B6s_J%C3%B3zsef_Collegium
- Rajk László Szakkollégium: <http://www.rajk.uni-corvinus.hu/>

METEOROLÓGIAI TÉMÁK A TANÁRKÉPZÉSBEN

METEOROLOGICAL TOPICS IN TEACHER TRAINING

Tasnádi Péter

ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.
 tasi@caesar.elte.hu

Összefoglaló: A cikkben röviden tárgyaljuk a meteorológiának a tanárképzésben és a tanárok doktori képzésében betöltött szerepét, bemutatunk néhány fizikus szakon készülő doktori munkát és szakdolgozatot.

Abstract: In this article the role of the meteorology in the teacher training is discussed shortly and some thesis connected with the use of the meteorological knowledge in the secondary school teaching is exhibited.

Bevezetés. Az utóbbi évtizedekben hazánkban a természettudományos közoktatás válságba került. A válság jeleit妊娠nansan mutatják a pedagógiai felmérések, de az egyetemeken bevezető kurzusait vezető oktatók is folyamatosan jelzik, hogy az egyetemre belépő hallgatók szakmai műveltsége és érdeklődése folyamatosan csökken. Érezhetők azonban ezek a hatások a középiskolákban is: egyre nehezebb a diákok érdeklődését felkelteni a természettudományok iránt és hatalmas ellentmondás feszül a növekvő természettudományos tényanyag, a csökkenő óraszámok valamint a hagyományosan elméleti megközelítésű tankönyvi anyagok között.

Az 1970-es és 80-as évek nemzetközi felmérései szerint a magyar gyerekek a természettudományok terén még a legjobbak közt voltak, mára azonban a középmezőnybe estek vissza. A hazai felmérések szerint a tanulók lexikális ismeretei még most is viszonylag jók (bár az egyetemi bevezető kurzusok tapasztalatai alapján már ez is megkérdőjelezhető), hatalmas hiányosságok mutatkoznak azonban a tanult ismeretek megértésében, és ezzel összefüggésben az ismeretek alkalmazásában.

További alapvető problémát jeleznek a helyi és országos szintű attitűdvizsgálatok is: a gyerekek nem szeretik a fizikát és a kémiát, a tantárgyak kedveltségi rangsorában a fizika mindenütt az utolsó helyek valamelyikén van.

A megoldás egyik eleme lehet, ha a tananyagba olyan témákat tudunk beépíteni, amelyek kapcsolatosak a való élettel, felkeltik a tanulók érdeklődését és az elméleti ismeretek iránti igényt a gyakorlati alkalmazásokon keresztül ébresztik fel.

A meteorológia és a légkör fizikája az egyik legvonzóbb terület lehet a tanulók számára érdekes jelenségeivel és mindennapi fontosságával. Ennek a felismerésnek köszönhető, hogy a fizika tanárképzés szakdolgozati témaként, a Fizika doktori iskola tanári alprogramja pedig doktori munkaként támogatja légkörfizikai és meteorológiai témák kiírását. A szakdolgozatok és doktori munkák segíthetik a földtudományi és környezettudományi ismereteknek a fizika tananyagba történő beépítését, valamint a földrajz és fizika határterületi ismereteinek mindkét tudományterület számára gyümölcsöző integrált feldolgozását.

Döményné Ságodi Ibolya tanárnő doktori munkájában a légkörfizikai ismereteket, elsősorban a légkör optikai jelenségeit dolgozza fel középiskolában tárgyalható módon. A légköri jelenségek megfigyelésére diákkört hozott létre, a

diákok a jelenségek elméleti tárgyalása mellett megfigyeléseiket saját fotókkal is illusztrálták. Döményné Ságodi Ibolya oktatási kutatásairól több tanulmányban és előadásban is beszámolt, közülük kettőt emelünk ki. A *Döményné Ságodi és Tasnádi*, (2011) tanulmányban a szivárvány és halojelenségek részletes tárgyalása mellett foglalkozik a légköri energetika, a zivatarfelhő fejlődése és a zivatarelektromosság középiskolai tanításának kérdéseivel, míg a *Döményné Ságodi*, (2012) írás elsősorban a halojelenségeket és a halojelenségeket megfigyelő szakkör munkát mutatja be.

Gróf Andrea tanárnő a nagy légköri és tengeráramlások kérdéskörének középiskolai tanításával foglalkozik. Vizsgálja a fizika és a földrajz határterületére eső kérdéseket. Egy-egy középiskolai matematikával is tárgyalható becsléseket keres az árapály jelenség, a Föld geoid alakjának, illetve az áramló tenger felszínének mennyiségileg is megadható szintkülönbségeire. Eredményeiről nemzetközi konferencián számolt be. A dolgozat több más tévképzet mellett rámutat a földi árapály jelenséggel kapcsolatban a tankönyvirodalomban is meggyökeresedett téves érvelésre. A tévképzet szerint a dagályhullámot a Földnek a Hold felé eső oldalán a Hold vonzása, a Holddal ellenkező oldalon azonban a Föld forgásából származó centrifugális erő idézi elő. Az elképzelés abszolút téves, az árapály jelenség akkor is így következne be, ha a Föld nem forogna (*Gróf*, 2012).

Boros Zsófia fizika BSc (fizika - földrajz tanári szakiránnyal) hallgató a csapadékképződés mikrofizikájának középiskolai tanításának szakköri szintű tárgyalását adja meg szakdolgozatában (*Boros*, 2012).

Tudja Éva matematika-fizika szakos MSc képzést végző tanárjelölt, „A földrajz és fizika határán” c. szakdolgozatában elsősorban a Coriolis-erő szakköri szintű tárgyalását és a rá épülő meteorológiai ismereteket (ciklon és anticiklon modell, geosztrófikus áramlás stb.) dolgozza fel (*Tudja*, 2012).

Irodalom

- Boros Zs., 2012: A csapadékképződés mikrofizikája, *Szakdolgozat, 2012 ELTE Fizikai Intézet*
- Döményné Ságodi, I. és Tasnádi P., 2011: Légköri jelenségek a fizika tanításában, <http://metal.elte.hu/~ttomc>.
- Döményné Ságodi, I., 2012: Atmospheric Phenomena in Physics Teaching, *Physics Competitions*, 12(2) 61-70.
- Gróf A., 2012: Integrating Aspects of Geography in Physics Teaching
- Tudja É., 2012: A földrajz és fizika határán. *Szakdolgozat, ELTE Fizikai Intézet*.

DINAMIKUS METEOROLÓGIAI DIPLOMAMUNKÁK ÉS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KUTATÁSOK

THESIS IN DYNAMIC METEOROLOGY AND RESEARCHES OF STUDENTS

Tasnádi Péter

ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.
tasi@caesar.elte.hu

Összefoglaló: A cikk röviden bemutatja a legfontosabb dinamikus meteorológiai diploma és TDK munkákat, amelyek hozzájárultak az egyetemi dinamikus meteorológia kurzusok fejlesztéséhez is.

Abstract: This article presents a short description of the thesis made at the Department of Meteorology dealing with modern aspects of the dynamic meteorology.

Jelen sorok írójának meggyőződése, hogy sem a légkörfizika, sem a szinoptikus meteorológia nem művelhető szilárd dinamikus meteorológiai ismeretek nélkül. A dinamikus meteorológiának a tanszéken komoly hagyományai vannak, hiszen két nagyhatású és iskolateremtő tanszékvezető, Dési Frigyes és Rákóczi Ferenc is a dinamikus meteorológia aktív művelője volt. Ennek hagyományait kívántuk folytatni azokkal az elméleti érdeklődésű hallgatókkal, akik TDK dolgozatuk, illetve diplomamunkájuk témájául az utóbbi harminc évben kifejlesztett és a meteorológiai előrejelzést segítő új dinamikus meteorológiai módszerek megismerését és alkalmazását választották. A hallgatókkal való közös munka nagyban hozzájárult ahhoz, hogy a tárgyalt módszerek egy része a dinamikus meteorológia kurzus anyagába is bekerülhessen. Amellett, hogy a dolgozatok megadják a vizsgált kérdéskör világos matematikai leírását, minden dolgozat tartalmaz önálló kutató munkaként értékelhető esettanulmányokat illetve számításokat is.

Sepsi^a (2010) Hille Alfréd-díjas TDK dolgozatát fejlesztette tovább diplomamunkájában, amely a *Potenciális örvényesség szinoptikus analízisben történő alkalmazásával* foglalkozott. A potenciális örvényesség rendkívül fontos fogalom, mert belátható, hogy az izentrop potenciális örvényesség általában megmaradó mennyiség és így a légkör folyamatai megfelelő egyensúlyi feltételek (balance equations) és peremfeltételek mellett egyetlen skalár egyenlettel írhatók le, amelyből a többi mezőváltozó visszanyerhető. A potenciális örvényesség egyebek mellett jó segédeszköz a ciklonok keletkezésének és fejlődésének megértéséhez, illetve az óceáni áramlatok vizsgálatához is. Amellett, hogy a potenciális örvényességből az invertálhatóság miatt az alapvető mezőváltozók visszanyerhetők, az izentrop potenciális örvényesség

puszta regisztrálása is hasznos segédeszköz lehet a szinoptikus analízisnek, mert a tapasztalat szerint a sztratoszferikus nagy potenciális örvényességű levegő betüremkedése a troposzféra ciklogenezisére, a troposzferikus levegő behatolása a sztratoszférába, anticiklon keletkezésére utal.

Sarkadi^b (2010) és Fischer (2012) mind diákköri dolgozatában mind a diákköri munkára épített diplomamunkájában a **Q-vektorral és alkalmazásával foglalkozott**. A szinoptikus rendszerek megértésének fogalmi alapját a kvázi-geosztrofikus elmélet adja. Az elmélet két fontos egyenlete a tendencia-, illetve az omega-egyenlet, melyet a sztenderd dinamikus meteorológia kurzusban részletesen tárgyalunk. Az omega-egyenlet diagnosztikai összefüggés a vertikális mozgások és a geopotenciál adott térbeli eloszlása között, nagy hátránya azonban, hogy benne a vertikális áramlás sebességét két azonos nagyságrendű tag különbsége határozza meg, ami az eredményül kapott kicsiny mennyiségben nagy hibára vezethet. Ennek elkerülésére Hoskins *et al.* (1978) az omega-egyenletben, a vertikális sebesség változását új mennyiséggel, az ún. Q-vektorral fejezte ki. Az összefüggés operatív felhasználását Hoskins és Sanders (1990) dolgozta ki. Sarkadi Noémi és Fischer Antal dolgozatukban egyszerű módszert adtak a Q-vektor szinoptikus térképi meghatározására és ábrázolására. Sarkadi Noémi a Sanders-féle módszer alkalmazását mutatta be esettanulmányokon, míg Fischer Antal tovább lépett a Q-vektor háromdimenziós általánosítása felé. A Q-vektor segítségével egyes esetekben pontosabban értékelhetők a légköri folyamatok.

Domsa^b (2011) diákköri dolgozata a helicitás fogalmával és a zivatartevékenység előrejelzésében való alkal-

^a Témavezető: Tasnádi Péter és Gyöngyösi A. Zénó

^b Témavezető: Tasnádi Péter

mazásával foglalkozik. A $H = \mathbf{v} \cdot \boldsymbol{\omega}$ helicitás az Euler-egyenlet egyik invariánsa és a horizontális szélmező rotációját és sebességét jellemzi komplex módon, ugyanis annál nagyobb, minél inkább párhuzamossá válik az örvényvektor a szélvektorral. A helicitás a sebesség és az örvényvektor skaláris szorzata és a tapasztalat szerint jól használható a viharok és mozgásuk előrejelzésére, abban a tekintetben is, hogy milyen típusú és erősségű lesz az adott zivatar, zivatarrendszer. Továbbá megmutatja, hogy a zivatar mekkora valószínűséggel fejlődhet tovább szupercellává.

Haszpra^c (2010a, 2010b) TDK dolgozatában és diplomamunkájában a szabad légkörben zajló kaotikus sodródást vizsgálta, megmutatta a kaotikus viselkedést jellemző mennyiségeket és a sodródási képeken való megjelenésüket. Megállapította, hogy a szennyezés felhő sodródása során a felhőből, hosszú, vékony szálak fejlődtek, amelyek az idő előrehaladtával összegyűrődtek és szálas, tekervényes, fraktál szerkezetű képet alakítottak ki. A Ljapunov-exponens a térben finom, míg a topologikus entrópia a Ljapunov-exponenshez képest homogénabb térbeli eloszlással rendelkezik. A kaotikus mozgást jellemzi a kezdeti feltételekre való érzékenység (a mozgás hosszú távon előrejelezhetetlen, a kezdetben egymáshoz közeli részecskék pályája kis idő elteltével erősen eltér egymástól), az időben szabálytalan mozgás és a bonyolult, de egyben rendezett (fraktál szerkezetű) geometriai megjelenés. Ha egy közeg valamilyen tulajdonsága (például a nyomjelző anyag koncentrációja) kezdetben eltérő a közeg különböző tartományokban, a nyomanyagok áramlási térben történő szabálytalan, kaotikus mozgása hatékony keveredést idéz elő. Az említett tulajdonságokra passzív nyomjelző anyagok, illetve az ezekből álló részecskesokaságok terjedése, eloszlása utal a sodródási képeken. Haszpra *Tímea* hasonló témájú diákköri dolgozataival több díj mellett elnyerte a legmagasabb TDK elismerést, a „Pro Scientia Aranyérmet” is.

Keresztúri^d (2011) diplomamunkájában a légköri energetikát tárgyalja, részletesen ismerteti a légkör energiafajtáit és a Lorenz által bevezetett felhasználható potenciális energia fogalmát. A kérdéskör az általános légkörzés megértésében igen fontos és a rendelkezésre álló tankönyvek általában Peixoto & Oort 1974-es adatait használják. A diplomamunka a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) által üzemeltetett NCEP (National Centers for Environmental Prediction) FNL adatsorának felhasználásával megismételte ezeket a számításokat és jó egyezést kapott a korábbiakkal.

Irodalom

- Domsa D., 2011: A helicitás alkalmazása a zivatartevékenység leírásában. *TDK dolgozat, ELTE Meteorológiai Tanszék (Kézirat)*.
- Fischer A., 2012: Frontok leírása az F és a Q vektor segítségével. *Diplomamunka, ELTE Meteorológiai Tanszék (Kézirat)*.
- Haszpra T., 2010a: Légtömegek kaotikus mozgásának vizsgálata passzív nyomelem sodródásának követésével. *Diplomamunka, ELTE Meteorológiai Tanszék (Kézirat)*.
- Haszpra T., 2010b: Légtömegek kaotikus mozgásának vizsgálata passzív nyomelem sodródásának követésével. *TDK dolgozat, ELTE Meteorológiai Tanszék (Kézirat)*.
- Hoskins, B. J. and F. Sanders, 1990: An easy method for estimation of Q-vectors from weather maps, *Weather and Forecasting* 5(2), 346–353.
- Hoskins, B.J., Draghici, I. and Davies, H.C., 1978. A new look at the omega-equation. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* 104, 31–38.
- Keresztúri Cs., 2011: A légköri energetika. *Diplomamunka, ELTE Meteorológiai Tanszék (Kézirat)*.
- Sarkadi N., 2010: A Q vektor alkalmazása a frontogenezis leírásában. *Diplomamunka, ELTE Meteorológiai Tanszék (Kézirat)*.
- Sepsi P., 2010: A potenciális örvényesség alkalmazása a szinoptikus analízisben. *Diplomamunka, ELTE Meteorológiai Tanszék (Kézirat)*.

^c Témavezető: Tél Tamás és Tasnádi Péter

^d Témavezető: Tasnádi Péter

AZ ELTE-OMSZ EGYÜTTMŰKÖDÉS RÖVID TÖRTÉNETE

THE BRIEF HISTORY OF ELTE-OMSZ CO-OPERATION

Bozó László

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1525 Budapest, Pf. 38. bozo.l@met.hu

Összefoglalás: Rövid áttekintést adunk az ELTE Meteorológiai Tanszék és az OMSZ szakmai együttműködésének eddigi történetéről, és a jelenlegi legfontosabb tudományos és oktatási-képzési kihívásokról.

Abstract: A brief review has been compiled on the professional co-operation between ELTE Department of Meteorology and OMSZ, including the most important challenges in the field of science and education.

A budapesti Tudományegyetemen 1945 végén alakult meg a Légkör- és Éghajlattani Tanszék. 1949. május 16-án hozták létre a Természettudományi Kart, amelynek ettől kezdve a Tanszék is részévé vált. 1950-ben vették fel az első meteorológus hallgatókat, akik a kilenc féléves képzés után 1954-ben kaptak diplomát. A lemorzsolódás igen nagyfokú volt, a 40–50 fős, kiemelkedően magas beiskolázási létszámoknak köszönhetően azonban 114 diplomás került ki az egyetemről 1954 és 1957 között. Az Országos Meteorológiai és Földmágnassági Intézet (OMFI), majd 1950. december 15-ei megalakulása után az Országos Meteorológiai Intézet (OMI) szakemberei meghívott előadóként oktattak a Tanszéken. Száva-Kováts Józsefet és Révész Tamás adjunktust 1953-ban koholt vádak alapján leváltották a Tanszék éléről, majd internálták.

1953-ban Dési Frigyes, az OMI igazgatója kapott megbízást a Meteorológia Tanszék vezetésére. Az OMI jelentős belső szervezési erőfeszítéseket tett annak érdekében, hogy az 1957-ig végzett meteorológusok többségét el tudja helyezni. 1954-től már nem indult meteorológus szak az ELTE-n. 1958-ban új oktatási forma jelent meg az egyetemen: a matematikus, fizikus, matematika-fizika tanári és a földrajz szakos hallgatók speciális tárgyként vehették fel a meteorológiát, ezek után végzésükkor két oklevelet kaptak. A tanulmányi idő 9-ről 10 félévre nőtt, bár a szakirányú meteorológiai tárgyak esetében csökkent a képzésre fordított idő. A kettős diplomával végzett, összesen 92 hallgató jelentős része azonban nem meteorológusként folytatta pályafutását, aminek következtében az 1970-ben létrehozott Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSZ) már szakember utánpótlási gondok jelentkeztek.

1973-ban Dobosi Zoltán állt a Tanszék élén. Ekkor már nem lehetett kérdéses, hogy a korábbi egyszakos meteorológus képzést ismét be kell vezetni. Ezzel párhuzamosan a geológusokkal és geofizikusokkal közös, egységes földtani alapképzés elindításának ötlete is felmerült. A kérdésben akkor az MTA Meteorológiai Tudományos Bizottsága is állást foglalt. Czelnai Rudolf, az OMSZ elnöke az aktív meteorológusok kormegoszlása, illetve a katonai meteorológiai szolgálat véleménye alapján javas-

latot terjesztett az Oktatási Minisztérium elé, amely ezt elfogadva, 10–15 fős létszámmal, 1976-tól újraindította az egyszakos meteorológus képzést. Ebben a formában 2011-ig összesen 333 meteorológus vehette át egyetemi diplomáját. 2006-tól a meteorológus képzés a Bolognai Rendszernek megfelelően kétszintűvé vált. Az alapszakon (BSc) végzettek főiskolai szintű diplomát kapnak (az első meteorológus BSc-sek tehát 2009-ben végeztek), a legkiválóbb hallgatók a mesterszakon (MSc) folytathatják tanulmányaikat. Az ELTE TTK-n 2006-tól kezdődően a Földtudományi, a Fizika és a Környezettan alapszakokon indítanak meteorológus szakirányt.

A 80-as évek végéig az egyszakos meteorológusokat az OMSZ lényegében teljes létszámban el tudta helyezni. A rendszerváltás időszakában a jelentős forráshiány és a belső szervezeti átalakítások következtében 1988–1992 között az OMSZ átlagléttszáma 963-ról 392-re zsugorodott, ami rendkívüli mértékben megnehezítette a kor új kihívásainak megfelelni tudó, nyelvtudással és informatikai ismeretekkel is bíró fiatal végzős meteorológus szakemberek felvételét. A 90-es évek eleje a nehézségek mellett új lehetőségeket is teremtett az ELTE-OMSZ kutatási együttműködés területén. Számos nemzetközi finanszírozású K+F projekt megvalósításába kapcsolódtak be közösen a két intézmény szakemberei, elsősorban a levegőkörnyezeti kutatások területén (PECO, PHARE, COST, MAKÁ, ETEX, stb.), elmélyítve ezáltal nemcsak a Szolgálat és a Tanszék közötti, hanem a nyugat-európai és észak-amerikai többoldalú szakmai-tudományos integrációt is. Mindezzel párhuzamosan az OMSZ jelentős műszaki, módszertani és szervezeti fejlesztéseket valósított meg: elindult a megfigyelőrendszer automatizálása, a korszerű adatbázis kialakítása, illetve az európai meteorológiai szervezetekhez történő csatlakozási folyamat. Ebben a rendszerben a legtehetségesebb végzősök számára mindig igyekeztünk helyet biztosítani.

Az OMSZ és az ELTE Meteorológiai Tanszék közötti együttműködés fontos formális eseménye volt a két intézmény közötti együttműködési megállapodás kidolgozása, amelyet az OMSZ elnöke és az ELTE rektora 2008 decemberében írtak alá. A megállapodás keretbe foglalja az oktatás, a szakmai gyakorlatok, a kutatás területén

közösen tett vállalásainkat és ezek ütemezését. Rögzítettük többek között egy HAWK munkaállomás és egy városi QLC mérőállomás üzemeltetési feltételeit a Tanszéken, illetve az ELTE légymányosi mérőkertjében.

Hosszú évtizedekre nyúlik vissza sikeres együttműködésünk az OMSZ két szakmai folyóirata, az IDŐJÁRÁS és a LÉGKÖR szerkesztésében is. Az 1992 óta angol nyelven kiadott IDŐJÁRÁS-t 2009 óta a *Science Citation Index Expanded* és a *Journal Citation Reports/Science Edition* rendszerekben indexálják és kivonatolják, továbbá része a SCOPUS hivatkozási adatbázisának is. Öröndetes tény, hogy számos meteorológus PhD hallgató a folyóiraton keresztül ismerkedhet meg a nemzetközi publikálás szabályaival és kihívásaival. Az ELTE Földtudományi Doktori Iskola – a meteorológusok többsége itt folytatja le doktori cselekményét – publikációs követelményrendszerében elismeri a folyóiratban közölt dolgozatokat.

A Magyar Tudományos Akadémia különböző fórumai is otthont teremtenek az OMSZ és a Tanszék közötti tudományos és szervezeti együttműködésre. A Meteorológiai Tudományos Napokat, ami többek szerint az MTA egyik legsikeresebb rendszeres tudományos rendezvénye, eddig 37 alkalommal rendezte meg a Meteorológiai Tudományos Bizottság. A szervezés és a lebonyolítás szinte minden alkalommal a két intézmény szakembereinek együttműködésével valósult meg. A Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió (IUGG) Magyar Nemzeti Bizottságát is az MTA Földtudományok Osztálya keretében működtetjük. Az IUGG tevékenysége összesen nyolc tudományos szövetség munkájából tevődik össze. Ebből három szövetség (légkörtudomány, krioszféra-tudomány, oceanológia) nemzeti képviselőt az OMSZ, illetve a Tanszék munkatársai látják el, ami egyrészt mutatja a meteorológus szakma súlyát és jelentőségét a földtudományokon belül, továbbá bizonyítja a tudományos együttműködés szinte kimeríthetetlen lehetőségeit. A K+F+I területén már a jelen is a szakmai-tudományos

hálózatok építéséről, a konzorciális módon megvalósított projektekről szól, ezek jelentősége várhatóan még tovább fog növekedni. Többek között az éghajlatkutatás, a levegőkörnyezet állapotának értékelése, vagy a távérzékelés területén az OMSZ és a Tanszék a további szoros együttműködésben érdekelt.

Az OMSZ és a Tanszék működését meghatározó külső körülmények a korábbi évtizedekhez hasonlóan most is folyamatosan változnak. A költségvetési előírások mind takarékosabb és ésszerűbb gazdálkodást és tervezést kényszerítenek ki a szolgáltatás, az oktatás és a kutatás területén is. Ma már természetes a magán-meteorológiai szolgáltatók – sok esetben jogilag hiányosan szabályozott – jelenléte a hazai és nemzetközi piacon, folyamatos versenyre és megújulásra kényszerítve az állami meteorológiai szolgáltatókat. Ezzel párhuzamosan tanúi lehetünk annak a folyamatnak, melynek során az európai tematikus tudásközpontok (pl. ECMWF, EUMETSAT) számos területen átveszik a korábban nemzeti szinten, szétapróztottan végzett operatív és kutatási feladatokat annak érdekében, hogy valamennyi tagország számára hatékonyabb és megbízhatóbb szolgáltatásokat nyújthassanak. A felsőoktatás területén a törvényi szabályozás változásai sarkallják alkalmazkodásra, illetve stratégia-váltásra az egyetemeket. Úgy gondolom, hogy az OMSZ szakmai céljainak teljesítéséhez a továbbiakban is első sorban az ELTE-ről kikerülő, jól képzett meteorológusokra számíthat. További hosszú, eredményes évtizedeket kívánok a Tanszék munkájához, és a két intézmény együttműködéséhez!

Irodalom

- Czelnai R., 1995: Az Országos Meteorológiai Szolgálat 125 éve (1870-1995). *Országos Meteorológiai Szolgálat*, Budapest.
 Ismail-Zadeh A.T., 2011: Yearbook of International Union of Geodesy and Geophysics. ISSN 1038-3846, Karlsruhe, Germany

KISLEXIKON

POCKET ENCYCLOPAEDIA

Somfalvi-Tóth Katalin

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

atmidometrum <lat. rég.>, párolgásmérő, a párolgás mérésére szolgáló eszköz. A Societas Meteorologica Palatina (1780-1793) hálózatában használt négy alaplmszer, a barometrum, a hygrometrum, a thermometrum és az ~ egyike. (Bartholy J. és Gyuró Gy.: *A meteorológia oktatásának és kutatásának története az ELTE-n és jogelődein*)

deklinatorium <lat. rég.>, a földmágnességi északi irány és csillagászati északi irány közötti eltérés meghatározására használt eszköz. (Bartholy J. és Gyuró Gy.: *A meteorológia oktatásának és kutatásának története az ELTE-n és jogelődein*)

electrometrum <lat. rég.>, *elektrométer*, az elektromos töltés vagy potenciál-különbség mérésére szolgáló műszer a Societas Meteorologica Palatina (1780-1793) hálózatában. (Bartholy J. és Gyuró Gy.: *A meteorológia oktatásának és kutatásának története az ELTE-n és jogelődein*)

hyetometrum <lat. rég.> a lehullott csapadék mérésére szolgáló eszköz neve a Societas Meteorologica Palatina (1780-1793) hálózatában. Téglalakú edény, amelynek felfogó felülete 36,1 x 36,1 cm (1 láb) volt. (Bartholy J. és Gyuró Gy.: *A meteorológia oktatásának és kutatásának története az ELTE-n és jogelődein*)

A HONVÉDSÉG ÉS A TANSZÉK EGYÜTTMŰKÖDÉSE

THE CO-OPERATION BETWEEN SOLDIERY AND THE DEPARTMENT

Kovács László, Radics Kornélia

MH Geoinformációs Szolgálat, 1024 Budapest II., Szilágyi Erzsébet fasor 7–9.

Kovacs.Laszlo@mhtehi.gov.hu, radics.kornelia@mil.hu

Összefoglalás: A Magyar Honvédség és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéke között fennálló együttműködés gyökerei közel fél évszázadra nyúlnak vissza. Míg a kapcsolatfelvétel elsődleges célja a honvédségnél meglévő nagyfokú szakemberhiány pótlása volt, később az együttműködés kibővült az utánpótlásképzés más területeivel is. Napjainkban a különböző oktatási feladatok megoldása mellett a közös kutatás is fontos szerephez jut.

Abstract: The cooperation of Hungarian Defence Forces (HDF) and Meteorological Department, Eötvös Loránd University originated nearly half a century ago. At the beginning, the main aim of the cooperation was to compensate the intense lack of specialists at the HDF. Later, complex educational program of meteorologists and meteorological assistants was carried out. Beside educational and training tasks, nowadays joint research projects are also emphasized.

A Magyar Honvédségnél még a létszámviszonyok szempontjából ideálisnak tekinthető időkből is repülőterenként mindössze 5–6, míg a központi szerveknél 10–15 meteorológus (előrejelző) szakember felvételére, beosztásba helyezésére volt lehetőség. Normális esetben ennek a létszámkeretnek a feltöltése nem okozhatna problémát, hiszen egyenletes fluktuációt feltételezve, éves szinten legfeljebb 1–2 fő felvételével kellene számolnunk. Azonban tudni kell, hogy a honvédségnél rendszeresített meteorológus beosztásokat – a II. világháborút követően – gyakorlatilag egyszerre töltötték fel, és a szigorú katonai személyzeti politikának, az előmeneteli rendszernek, valamint a speciális szakmai képzettségnek köszönhetően hosszú évtizedekig nem kellett számottevő fluktuációval, pályaelhagyókkal, megüresedő helyekkel számolnunk.

Éppen ezért a gondok akkor kezdődtek, amikor a háború utáni időszak első generációja elérte a nyugdíj-korhatárt. A hirtelen jelentkező – arányaiban jelentős – utánpótlás szükségletet az egyetemi képzésből kikerülő fiatal meteorológus szakemberekkel már nem lehetett kielégíteni. Ekkor a Honvédség szakmai vezetése az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszékehez (a továbbiakban: Tanszék) fordult segítségért. A Tanszék közreműködésével a Honvédség és az Országos Meteorológiai Szolgálat támogatásával elindították az ún. MET-II. képzési programot.

A MET-II. képzés hazai feltételeiről már az 1970-es évek elején megindultak a tárgyalások az érintettek között, mivel a WMO ezt a képesítési szintet ajánlotta a repülésmeteorológia világszerte jelentkező viharos fejlődésével összefüggő szakemberigénye miatt. A MET-II. végzettségű szakemberek feladatait a WMO-

ajánlás (WMO-No. 258, Guidelines for the Education and Training of Meteorological Personnel) a következők szerint határozta meg: a meteorológiai megfigyelő, távközlési és adatfeldolgozó hálózat működtetése és fejlesztése, időjárási és éghajlati adatok analízise és interpretálása, beleértve a számítógépes modellek outputjait, valamint szakszerű információszolgáltatás a felhasználók számára. A képzést az ajánlás szerint felsőoktatási intézményben kell megtartani egyetemi végzettségű meteorológusok közreműködésével (Gyuró, 2002).

A háromoldalú egyeztetések eredményeképpen az 1970-es évek közepén Dobosi Zoltán professzor, a Tanszék akkori vezetője engedélyért fordult az Oktatási Minisztériumhoz, amelyben azt kérte, hogy olyan posztgraduális képzési forma indulhasson, amelynek célja a főiskolai vagy egyetemi oklevéllel, de nem meteorológus szakképzettséggel rendelkezők számára MET-II. szintű ismeretek nyújtása. A hazai igény támogatására sikerült egy kétéves egyetemi szaktanfolyamhoz szükséges pénzügyi keretet biztosítani. A képzéshez a honvédség mellett az OMSZ is csatlakozott. A miniszteri engedély birtokában, a WMO ajánlások alapján készített tematika felhasználásával 1976. február 15-én kezdődött az első kétéves szaktanfolyam az ELTE Meteorológiai Tanszékén (a Múzeum körúton), melyre a Magyar Néphadsereg (MN) tiszti iskolát végzett, tehát katonai diplomával rendelkező állományt vezényelt (Csaplak, 1995). A tanfolyam eredményeképpen 1977. december 31-től a meteorológus tiszti helyek feltöltöttségi foka 100% lett. Ettől kezdve a honvédség meteorológus (előrejelző) szakállomány utánpótlásának bázisa az 5-éves egyetemi képzés mellett az igényekkel összehangoltan szervezett MET-II. képzésből kikerülő szakállomány lett.

A MET-II program keretében több mint 20 év alatt összesen hét szaktanfolyam megszervezésére került sor, jellemzően a honvédség igényeinek függvényében. Ez alatt az idő alatt több mint hatvanan szereztek végbizonyítványt. A képzés amellett, hogy megoldotta a Magyar Néphadsereg (később a Magyar Honvédség) repülésmeteorológiai előrejelző szakembereinek utánpótlását, hozzájárult a honvédség rendszerváltást követő időszakának szervezési, korszerűsítési feladatainak következtében beosztásukat elvesztő, de kiváló képességű – elsősorban a légierő oldalán szolgáló – tisztek átképzéséhez, új beosztásba helyezéséhez.



Életrkép az első MET-II. tanfolyamról (balról-jobbra): Lengyel László (MN, Taszár), Kollárné Editke (OMSZ, Ferihegy), Imre Józsefné Pötyi (OMSZ, Ferihegy), Polgári András (MN, Kecskemét), Kovács Győző (MN, Szentkirályszabadja), Leéb József (MN, Repülési Időjelző Központ), Szili Kristóf (MN, Szentkirályszabadja)

A MET-II. képzések sikeres lebonyolítása elsősorban *Felméry László* gondos szervezőmunkájának volt köszönhető. A tanfolyam foglalkozásainak megtartása külön terhet rótt mind a Tanszék, mind az Országos Meteorológiai Szolgálat, mind pedig a Repülési Időjelző Központ (RIK) oktatásban résztvevő munkatársaira. Míg előbbiek az egyetemi képzésből átemelt, a tanfolyam szűkebb órakereteihez igazított szaktárgyakat oktatták, addig a honvédség a katonai jellegű tárgyakhoz, illetve a repülésmeteorológia gyakorlatias szemléletű oktatásához biztosított előadókat, valamint a gyakorlatokhoz nyújtott technikai háttérrel.

Az első tanfolyam oktatói között voltak: *Csaplak Andor*, *Dobosi Zoltán*, *Dunkel Zoltán*, *Erdős László*, *Felméry László*, *Horváth László*, *Leéb József*, *Lépp Ildikó*, *Makainé Császár Margit*, *Máhr Jenő*, *Papp Andor*, *Tánczer Tibor* és *Tóth Pál*.

A MET-II. tanfolyam bevezetésével tervezhetővé, kezelhetővé vált a honvédség előrejelző szakembereinek – elsősorban a korhatár betöltésével bekövetkező – nyugdíjazásából adódó fluktuációja. Ugyanakkor a Magyarország NATO tagságát követő szervezeti változások és a nyugállományba vonulók nagy száma következtében jelentkező szakemberhiányra már ezzel a képzési formával sem lehetett megfelelően reagálni. A létszámgondok már a repülőterek folyamatos előrejelző képességének fenntartását veszélyeztették. Gyors megoldásra volt szükség. Ekkor a honvédség szakmai vezetése azzal a kéréssel fordult a Tanszékhez, hogy dolgozzon ki egy olyan képzési formát, amellyel bizo-

nyos szintig a nagy gyakoriattal rendelkező meteorológiai észlelők bevezethetőek lehetnének a repülésmeteorológiai előrejelzés gyakorlatába.

Az előzetes egyeztetéseket követően a Tanszék a Magyar Honvédség Meteorológiai Szolgálatával (a továbbiakban: MH METSZ) együttműködve kidolgozta a meteorológiai asszisztens képzés tematikáját, a képzésen történő részvétel feltételeit, a végzettség megszerzésével elérhető kompetenciaszinteket. A képzés öt modulból állt, melyet két félévben, összesen 700 órában oktattak. A tematika kidolgozásában és az első tanfolyam

megszervezésében nagy szerep jutott *Kocsis Ferencnek* és *Weidinger Tamásnak*.

A *Meteorológiai támogatás* modul a honvédségnél alkalmazott – a meteorológiai szakterületet érintő – szabályzók és eljárások bemutatását célozta, melyet éppen ezért katonameteorológusok oktattak. A *Meteorológiai távközlés* modul a katonai meteorológiai információs rendszerek, az alkalmazott meteorológiai munkaállomások és technikai környezet, valamint a kapcsolódó rendszabályok ismertetését tartalmazta, melynek oktatásába a honvédség mellett az OMSZ szakemberei is bekapcsolódtak. Az *Időjárási helyzet értékelése* modult alapvetően a Tanszék és az OMSZ munkatársai oktatták. Ebben a műholdmeteorológia, a radarmeteorológia, a szinoptika, a mezometeorológia és a dinamikus meteorológia oktatása kapott helyett. A Meteorológiai tájékoztatás modult alapvetően a Tanszék dolgozói oktatták, de ahol szükséges volt, bekapcsolódtak az OMSZ és a Honvédség szakemberei is.

A képzés tartalmát tekintve az alapozó tárgyakat – matematika és fizika –, éghajlattani, numerikus előrejelzési alapismereteket, szinoptikus laboratóriumi gyakorlatokat és a tájékoztatás módszertanának oktatását foglalta magában. Végül, de nem utolsósorban, mivel repülésmeteorológiában tevékenykedő szakemberek képzéséről volt szó, jelentős óraszámban folyt a *repülésmeteorológia* elméleti és gyakorlati oktatása.

Az első tanfolyamra 2003-ban került sor, melyen a honvédség 9 meteorológiai észlelő szakképesítéssel és többéves gyakorlattal rendelkező tiszthelyettese végzett. A Magyar Honvédség tiszthelyettes képzésének korszerűsítésével szükségessé vált, hogy a honvéd zászlósi beosztásokban foglalkoztatott meteorológiai asszisztensek OKJ-s végzettségre tegyenek szert. Emiatt 2005-ben a második tanfolyamra már csak a képzés akkreditációját követően kerülhetett sor, melyet a Tanszék végre is hajtott, így az ezen a tanfolyamon részt vett 9 tiszthelyettes már az Országos Képzési Jegyzékbe OKJ 54 8917 01 számon felvett akkreditált képzés elvégzéséről kapott nyilvántartásba vett vizsgabizonyítványt. A tanfolyamokat sikeresen elvégzett hallgatók meteorológiai asszisztensként meteorológus tiszt felügyelete alatt repülőtéren előrejelzéseket készíthettek, ezáltal a katonai repülőtereken – igaz, a honvédség meteorológiai központjának külső támogatásával – fenntartható maradt a folyamatos előrejelző képesség biztosítása.

A tiszthelyettes képzés korszerűsítési feladatainak elhúzódnása, valamint az igények kampányszerű jelentkezését követő várható megszűnése azonban

bizonytalanra tette a képzési forma tartós fenntartását. Ugyanakkor a meteorológus hallgatói létszám az előző évtized közepén történő megugrása újabb együttműködési lehetőségeket nyitott meg a Tanszék és a honvédség szakmai vezetése számára.

A megnövekvő létszámkeretek mellett az MH METSZ szolgálatfőnöke úgy ítélte meg, hogy van értelme a katonai specializációnak a hallgatók katonai pályaorientációja elősegítése érdekében. A Tanszék vezetése egyetértve ezzel a törekvéssel felvette a választható speciális kollégiumi tantárgyak közé a katonameteorológiát és a repülésmeteorológiát, melyek megtartására, illetve oktatók biztosítására felkérte a MH METSZ szolgálatfőnökét. A katonameteorológia oktatását maga az akkori szolgálatfőnök, *Horváth Csaba* kezdte meg, míg a repülésmeteorológiát *Kerekes András* az MH METSZ meteorológusa, gyakorlott előrejelzője tartotta az érdeklődők számára. A Tanszék felismerve a gyakorlati oktatás jelentőségét, 2012-től az MSc képzés kötelező tantárgyai közé emelte a repülésmeteorológiát, mely tantárgy oktatásának megszervezésével – a honvédség szakmai vezetésének támogatásával – *Radics Kornéliát*, a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálatának (az MH METSZ jogutódja, a továbbiakban: MH GEOSZ) időjárás-előrejelző és szakki-képzési osztályvezető-helyettesét bízta meg.

A honvédség szakmai vezetése évtizedek óta részt vesz a meteorológus hallgatók államvizsga bizottságainak munkájában, az utóbbi években az egyetem felkérésének köszönhetően a katonameteorológus szakem-



Az első meteorológiai asszisztens tanfolyam (2003) végzősei (balról-jobbra):
Tóth Mónika, Virág József, Osgyán László, Kusnyár Csaba, Sella István,
Lovas Gábor, Nagy László, Schmidt Attila, Szalay Tamás, Giczi András.

berek a Tudományos Diákköri Konferenciák (TDK) zsűrijében is aktív szerepet vállalnak. A Tanszék dolgozói mellett most már a hallgatókkal is széles körben ápolts kapcsolatok eredményeképpen a honvédség szakemberei a meteorológus hallgatók témavezetésében is tevékenyen részt vesznek. Az elmúlt 10 évben 8 diplomamunka született katonameteorológusok (Bottyán Zsolt, Kocsis Ferenc, Radics Kornélia, Tuba Zoltán) irányítása alatt, 2011-ben már TDK munka irányításában is szerepet vállaltak (Czender Csilla, Péliné Németh Csilla). Szakmai előadásokkal rendszeresen részt veszünk a meteorológus hallgatók nyári iskolájának programjában is.

A kötelező nyári gyakorlatok teljesítése komoly problémát okoz a megnövekedett hallgatói létszám mellett mind az egyetemnek, mind a gyakorlatok helyszínét biztosító szakmai szervezeteknek. A honvédség úgy próbál segíteni a helyzeten, hogy felajánlotta, repülőterein és az MH GEOSZ budapesti meteorológiai központjában több turnusban biztosítja a hallgatók számára a szükséges gyakorlatok végrehajtását. Ezen felül tanulmányi kirándulásokat szervezünk a meteorológus hallgatók és oktatóik számára a honvédség meteorológiai komponenseket is tartalmazó szervezeteihez. Így tanulmányi kirándulás helyszíne volt már a kecskeméti katonai repülőtér és a veszprémi légi irányító központ is. Az erőfeszítéseknek köszönhetően a honvédség 2007. évi átszervezése következtében kialakult létszámhiányt 2–3 év alatt teljes mértékben sikerült felszámolni, a honvédség szakmai beosztásai-

nak feltöltöttsége csaknem 100%-os, ami kimagaslóan jó teljesítmény más katonai szakterületekkel összehasonlítva.

Bartholy Judit, az ELTE Meteorológiai Tanszék vezetője javasolta a honvédség vezetőinek, hogy biztosítsanak lehetőséget a katonameteorológusok számára a Tanszék doktori iskolájának programjaiban való részvételre. Mivel a honvédség nem rendelkezik kifejezetten kutató beosztásokkal a meteorológiai szakterületen, annak érdekében, hogy a katonameteorológiai szakterület is lépést tudjon tartani a tudomány fejlődésével, az MH Geoinformációs Szolgálat kutatóhelyet biztosított a PhD programokban részt venni kívánó meteorológus szakemberei részére, és munka mellett támogatja a doktori iskola elvégzését. Jelenleg a honvédségnél 1 fő rendelkezik PhD fokozattal, 1 fő megindította a minősítési eljárást, illetve további 2 fő az iskola sikeres befejezésével megszerezte az abszolutóriumot. 2001 óta az egyetem és a honvédség közös kutatási programban végzi hazánk szélklímájának komplex statisztikai elemzését, a rendelkezésre álló és kinyerhető szélenergia becslését, a regionális szélklíma változékonyságának, időbeli és téli tendenciáinak, a szélklíma XXI. század során várható változásainak vizsgálatát.

Irodalom

- Csaplak A., 1995: A katonai meteorológia Magyarországon. Fejezetek a magyar meteorológia történetéből 1971-1995, OMSZ, Budapest, 337-402.
Gyuró Gy., 2002: A meteorológus képzés különböző szintjei.



Tanulmányi kirándulás a kecskeméti repülőbázison.

2012 NYARÁNAK IDŐJÁRÁSA

WEATHER OF SUMMER 2012

Vincze Enikő

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

2012 nyara hazánkban több szempontból is rendkívülinek bizonyult: az idei volt a 2. legmelegebb, a jóval átlagon aluli csapadékaival pedig a 11. legszárazabb nyár is egyben az elmúlt 112 év viszonylatában. Az évszakon belül az egyes hónapok is előkelő helyet foglalnak el a hónapok rangsorában (homogenizált, interpolált adatok alapján): a legmelegebb júliust, a 4. legmelegebb augusztust és a 4. legmelegebb júniust jegyeztük 1901 óta. A rendkívül meleg és hőhullámokkal tarkított nyári időszakot szárazság is kísérte: augusztusban az 1971-2000-es normál időszak alapján átlagosnak mondható csapadékmennyiség mindössze 13%-a hullott le hazánkban.

Június. A június havi átlaghőmérséklet zömmel 19-21°C között alakult az országban, ennél alacsonyabb értékeket a magasabban fekvő területeken regisztráltunk (16-19°C). A teljes hónap átlagában hazánk területén az 1971-2000 közötti normálhoz képest a megszokottnál mindenhol melegebb volt. A legnagyobb pozitív anomália Szeged környékén jelentkezett, itt a havi középhőmérséklet több mint 3 fokkal meghaladta a harmincéves átlagot. A hónap során a harmadfokú hőségriadó kritériumának megfelelő hőhullámot is jegyeztünk több helyen (a napi középhőmérséklet legalább 3 napon keresztül magasabb 27°C-nál), például Budapest-belterület állomásunkon a június 18-22. közötti időszakban. Az országos napi középhőmérsékletek alakulásában is megfigyelhető az erős emelkedés ebben a periódusban – a hónap egyes napjait tekintve országos átlagban a normáltól leginkább eltérő értéket június 19-én és 20-án regisztráltuk, ezeken a napokon átlagosan 7,8°C-kal volt melegebb az országban a megszokottnál.

A júniusban jegyzett küszöbnapok száma is a szokásosnál melegebb hónapra utal: a júniusban jellemző 15 nyári nap helyett 2012-ben 20-at regisztráltunk országos átlagban (nyári nap: a napi maximumhőmérséklet, azaz $t_x \geq 25^\circ\text{C}$); hőség napból pedig ($t_x \geq 30^\circ\text{C}$) háromszor annyi, összesen 9 jelentkezett az ország területén, mint általában. Egy forró napot is regisztráltunk ($t_x \geq 35^\circ\text{C}$), holott a sokéves átlag alapján júniusban nem szokott forró nap előfordulni.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

38,2°C Bugac (Bács-Kiskun megye) június 30.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

2,8°C Zabar (Nógrád megye) június 2.

A harmincéves átlaghoz viszonyítva 2012 júniusa országos átlagban szárazabb volt a normálnál, hazánk legnagyobb részén az átlagos csapadékmennyiségnek mindössze 70%-a hullott. A legszárazabb terület DK-en, Szeged (külterület, 18,2 mm) és Csólyospálos (17,3 mm) környéke volt, itt a szokásos csapadékmennyiség mindössze 20-30%-a hullott le. A hónapban regisztrált legalacsonyabb összeg (Csólyospálos) csak 25%-a a szokásos csapadékmennyiségnek, ugyanakkor a legesősebb területeken ez az érték másfél-kétszerese a sokéves átlagnak. A legtöbb esőt a hónapban az északkeleti-keleti területek kapták, de az országban többfelé regisztráltunk 60 mm feletti csapadékösszeget, mely megközelíti a 74 mm-es, sokéves átlagot.

Csapadékos napból 10-et regisztráltunk, a normál 11 nap.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

157,2 mm Aggtelek (Borsod-Abaúj-Zemplén megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

17,3 mm Csólyospálos (Bács-Kiskun megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

59,6 mm Nyíregyháza Napkor (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye) június 12.

Július. Júliusban legkevesebb 1,3°C-kal mindenhol melegebb volt hazánkban a megszokottnál – a harmincéves átlagot leginkább meghaladó középhőmérsékletű területeken (D-DK) akár 4°C-kal is. A havi átlaghőmérsékletek ÉNy-DK irányú növekedése volt megfigyelhető az országban. Míg az ÉNy-Ny-i határszélen 21-22°C közötti átlaghőmérsékletek voltak jellemzőek, az ország közepén húzódó DNy-ÉK sávon ez az érték 24°C körül mozgott, a DK-i területeken pedig már 25°C-os átlaghőmérsékletek adódtak. A napi középhőmérsékletek alakulását tekintve a hónap első 10 napján – egy hőhullámnak köszönhetően – a sokéves átlagnál jóval magasabb napi értékeket figyelhattunk meg, majd egy erős visszaesést követően a hónap vége felé ismét a megszokottnál melegebb napokat jegyeztünk. Számos új rekord is született a hőhullámhoz köthetően. Július 1-jén a minimumhőmérsékletek sokéves napi maximuma 25,0°C-ra, a középhőmérséklet sokéves napi maximuma

30,9°C-ra módosult – mindkét új rekord a tatai állomásunkon született. Július 2-án Túrkevényen regisztráltunk új napi abszolút maximumhőmérsékleti rekordot (38,4°C), míg július 3-án Budapest-belterület állomásunk adatai alapján a minimumhőmérsékletek sokéves napi maximumának új rekordja 25,4°C.

A júliusi hőmérsékleti küszöbnapok szintén egy rendkívül meleg júliusi időszakról adnak képet: a megszokott 21 nyári nap helyett 26-ot regisztráltunk, hőség napból pedig a normál több mint kétszeresét, 16-ot. A legdrasztikusabb változást azonban a forró napok számában láthatjuk: míg a harmincéves országos átlag alapján júliusban nem jegyezzük forró napot, 2012-ben 6 nap is megfelelt a forró nap kritériumának.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

39,5°C Tiszaroff (Jász-Nagykun-Szolnok megye) július 6.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

5,8°C Zabar (Nógrád megye) július 17.

A csapadék térbeli eloszlása igen változatos képet mutatott júliusban – míg a legcsapadékosabb helyeken közel háromszor annyi eső esett, mint a sokéves átlag, a közép-ső területeken ez az érték 60-80% között alakult. A legtöbb eső az ország északi és nyugati területeire jutott, itt 150-200 mm csapadék is hullott a hónapban. A délebbi részekben jellemzően 30-35 mm eső esett, azonban DNy-on szárazabb területek is kialakultak. Mindszentgodisa (Baranya megye) környékén a szokásos mennyiség mindössze 20-30%-a hullott.

2012 júliusában a megszokottnál több esős napot jegyezhetünk: az átlagosan 9 esős napot hozó hónapban idén 11-et számoltunk országos átlagban.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

339,5 mm Sopron Görbehalom (Győr-Moson-Sopron megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

8,0 mm Mindszentgodisa (Baranya megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

112,7 mm Miskolc Diósgyőr (Borsod-Abaúj-Zemplén megye) július 29.

Augusztus. Az idei nyári hónapok tendenciájának megfelelően az augusztus is melegebb volt hazánkban a megszokottnál, a havi átlaghőmérséklet több helyen 3-4 fokkal is meghaladta az 1971-2000-es normál értékét. Szeged, illetve Pécs környékén jegyeztük a legnagyobb középhőmérsékleti anomáliát, ezeken a területeken 4-4,5°C-kal adódott magasabb havi átlaghőmérsékletet a szokásosnál. A havi átlaghőmérséklet a D-i, DK-i területeken 23-24°C között, az ország középső területein 22-23°C között alakult, míg az északi régiókban átlagosan 21-22°C volt jellemző. Két hőhullámról is beszámolhattunk a hónapban, melynek köszönhetően több hőmérsékleti rekord is megdőlt. Augusztus 24-én Baja Csávoly állomásunkon 40,4°C-os napi maxi-

mumhőmérsékletet mértünk, mely az 1901 óta feljegyzett értékek között új napi rekord. A középhőmérséklet sokéves napi maximumát emelhetjük még ki, mely 4 alkalommal dőlt meg augusztusban (augusztus 6., 31,6°C Pécs, augusztus 23., 30,8°C Szeged, augusztus 24., 31,1°C Szeged, augusztus 25., 30,9°C Pécs). Ugyanakkor hideg rekord is született, háromszor megdőlt a hónapban a napi legalacsonyabb minimumhőmérséklet (mindhárom alkalommal Zabar állomásunkon, például augusztus 28-án 1,7°C-os értékkel).

Nyári napból 27-et jegyeztünk a megszokott 20 helyett, hőség napból pedig 16-ot az átlagos 7 helyett. 2012 augusztusa 6 forró napot is hozott, a szokásos érték a hónapban 1.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

40,4°C Baja Csávoly (Bács-Kiskun megye) augusztus 24.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

1,7°C Zabar (Nógrád megye) augusztus 28.

A megszokottnál jóval melegebb nyarat az augusztusi csapadékhiány is tetézte: az idei augusztus rendkívül száraznak bizonyult, az ország jelentős részén alig esett eső a hónapban, az 1971-2000 időszak szerinti átlagos csapadékmennyiség mindössze 13%-a hullott le országos átlagban. A normáltól leginkább eltérő értékek zömmel az ország középső részén figyelhetők meg (Pest, Fejér, Somogy, Heves, Bács-Kiskun, Csongrád és Jász-Nagykun-Szolnok megyékben), itt a megszokott mennyiség 0-5% közötti értékeit jegyeztük (0-10 mm között). Azokon a területeken is legfeljebb a normál 60-80%-a esett, ahol a hónap legnagyobb csapadékösszegeit regisztráltuk. Az egyetlen kivétel Bikács térsége, itt mértük a legnagyobb havi csapadékösszeget is, 58,8 mm-t, mely a sokéves átlag 108 %-a. A legcsapadékosabb nap 26-a, ekkor az országos átlag 2,2 mm volt.

A szokásos 8 csapadékos nap helyett idén csak 3 jelentkezett országos átlagban, mely szintén az augusztusi, szélsőségesen alacsony csapadékmennyiségről ad információt. Zivataros napokból is mindössze egyet számoltunk, míg a megszokott érték a hónapban 3 nap.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

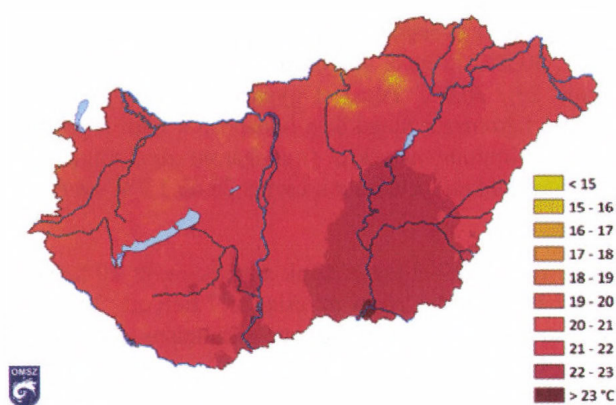
58,8 mm Bikács (Tolna megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

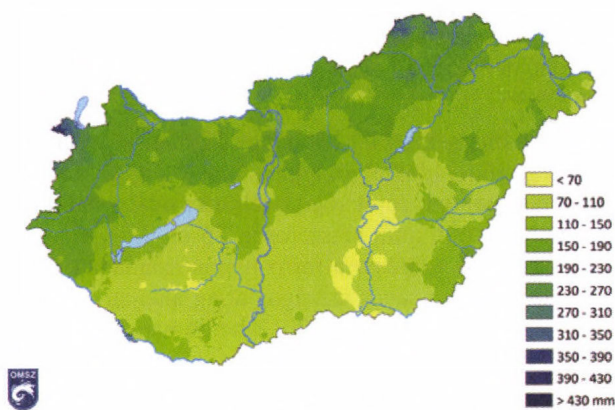
0,0 mm Budapest Vízafogó (XIII. kerület), Budapest Kispest, Budapest Ferenchegy, Cserkeszőlő, Isaszeg Falumúzeum, Kétpó, Mezőhek, Nagykovácsi, Nógrád-szakál, Tiszadorogma, Tiszaörs, Zsámbok

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

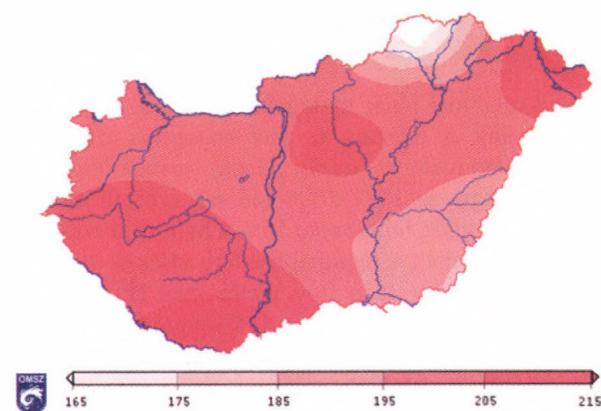
55,5 mm Bikács (Tolna megye) augusztus 3.



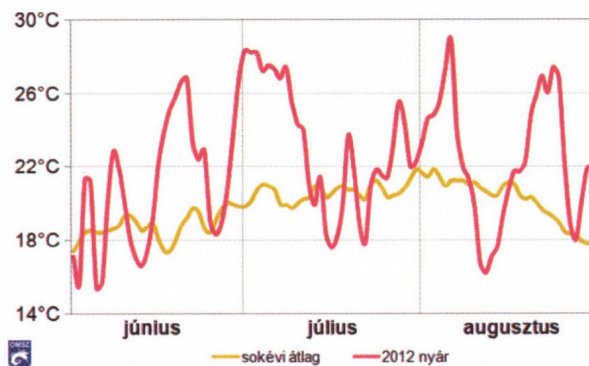
1. ábra: A nyár középhőmérséklete (°C)



2. ábra: A nyár csapadékösszege (mm)



3. ábra: A nyár globálsugárzás összege (kJ/cm²)



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

2012. nyár időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés (óra)		Hőmérséklet (°C)						Csapadék (mm)			Szél
	Évsz. össz.	Eltérés	Évsz. közép	Eltérés	Max.	Napja	Min.	Napja	Évsz. össz.	Átlag %-ban	≥ 1mm napok	Viharos napok
Szombathely	825	107	21,2	2,8	36,5	2012.06.30	5,4	2012.06.06	174	77	22	12
Nagykanizsa	-	-	21,6	2,8	38,1	2012.08.22	4,0	2012.06.06	94	39	16	3
Siófok	994	179	23,5	3,4	38,2	2012.07.01	11,8	2012.06.06	80	42	15	19
Pécs	1021	201	23,4	3,6	38,2	2012.08.24	8,1	2012.06.06	113	54	10	5
Budapest	990	213	23,2	3,1	37,7	2012.07.06	8,9	2012.06.06	138	83	15	9
Miskolc	888	173	21,8	2,8	36,0	2012.08.06	10,0	2012.06.03	234	112	30	7
Kékestető	845	95	16,9	2,8	28,5	2012.07.06	5,7	2012.06.06	190	72	28	11
Szolnok	983	165	23,6	3,5	39,5	2012.08.06	9,6	2012.08.14	72	42	11	-
Szeged	1072	264	23,3	3,2	39,4	2012.08.24	7,9	2012.08.12	69	39	7	8
Nyíregyháza	-	-	22,0	2,7	38,2	2012.08.06	7,6	2012.08.29	151	79	16	14
Debrecen	1032	238	22,8	3,2	37,5	2012.08.06	7,8	2012.08.29	136	66	16	4
Békéscsaba	1079	268	23,0	3,3	38,4	2012.08.24	8,0	2012.08.29	112	58	15	10

TÖRTÉNELMI ARCKÉPEK

HISTORICAL PORTRAITS

Varga Miklós

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1525 Budapest, Pf. 38. varga.miklos@met.hu

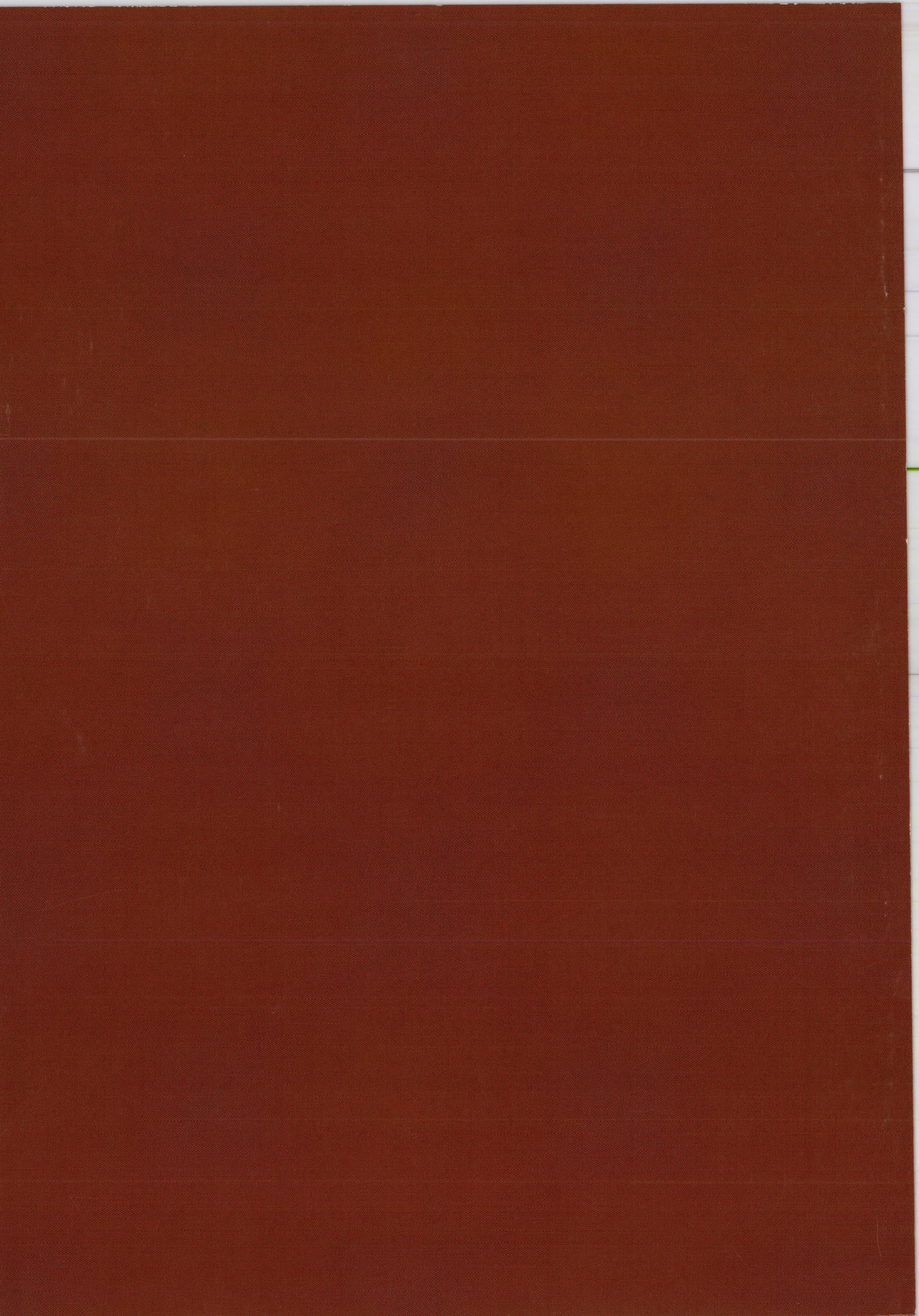
GRÚBER LAJOS



Grúber Lajos a gimnáziumot Nagyváradon és Budán végezte. 1870-ben a Bécsi Tudományegyetemen mennyiségtant és csillagászatot hallgatott. 1875-ben a Magyar Közoktatási Minisztérium ösztöndíjával Bécsből Lipcsébe került, ahol folytatta csillagászati tanulmányait. Itt volt lehetősége, hogy a meteorológiai megfigyelések gyakorlatában és az idő-prognózis szakterületén az elvi lehetőségekkel is megismerkedjen. Az osztrák fokmérő hivatalban dolgozott Theodor von Oppolzer vezetése alatt. 1876-ban került Budapestre, ahol obszervátorként tevékenykedett a Meteorológiai Intézetnél. Ebben az időszakban habilitálta magát a budapesti egyetemen, mint magántanár.

Részt vett Magyarország földmágneses felmérésében, sok helység földrajzi koordinátáit határozta meg. Jelentős eredménye a novemberi erős "hullócsillag" raj (Leonidák) pályájának megállapítása és azonosítása. Megkezdte Budapesten a gravitációs gyorsulás pontos mérését (az MTA és Természettudományos Társulat támogatásával). Számos cikket írt (meteorológiai témakörből is) a Természettudományi Közönyben.

1887. július 5-én a Meteorológiai és Földdelejjességi Intézet megbízott igazgatójává nevezték ki. Fél évvel kinevezése után megbetegedett, majd elméje elborult és 37 évesen meghalt.



L É G K Ö R

57. évfolyam

2012. 4. szám



**65 ÉVES
A METEOROLÓGIAI TANSZÉK**

Prof. dr. JUSTYÁK JÁNOS (1929 – 2012)

Dunkel Zoltán

Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, Pf. 38, 1525 dunkel.z@met.hu

Justyák János, a Magyar Meteorológiai Társaság tiszteleti tagja, a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem professzor emeritusa, a Meteorológiai Tanszék egykori vezetője, a magyar meteorológiai szakma és a klímakutatás nagy egyénisége, 2012. június 4-én elhunyt. A kanadai Drumhellerben született 1929. február 14-én. Szüleivel 1935-ben tért haza a Bihar megyei Nagylétára. Tanulmányait Debrecenben a Piarista és a Fazekas Gimnáziumban végezte, majd 1949-ben felvételt nyert a Kossuth Lajos Tudományegyetemre, ahol a jeles előmenetelű tanulót Berényi Dénes már harmadéves korában bevonta a Meteorológiai Tanszék munkájába. 1953-ban szerzett *történelem-földrajz szakos* középiskolai tanári oklevelet. A Tanszéken Berényi professzor mellett az agrometeorológiai és mikroklimatológiai kutató-, és oktatómunkát választotta, 1955-től a professzor aspiránsaként. Ekkor főként kertészeti növények mikroklimájával foglalkozott. Ebből a témából írta 1958-ban egyetemi doktori értekezését. Később a Tokaj-hegyaljai szőlők mikroklimatikus vizsgálatával foglalkozott. Eredményeit kandidátusi disszertációjában összegezte 1960-ban. 1964-ben egyetemi docensnek nevezték ki, Berényi nyugdíjba vonulását követően 1968-ban ő lett a Tanszék vezetője.

1972-től bekapcsolódott a „*Síkfőkút Projekt*”-be, ahol az erdő klímájával foglalkozott. Jakucs Pál vezetésével közösen terveztek és hoztak létre egy kutatóállomást *Síkfőkúton* az erdő produktív képességének meghatározására. 1978-ban kapta meg egyetemi tanári kinevezését. Oktató-nevelő munkája során számos egyetemi jegyzetet írt meteorológiai-klimatológiai témájú alapozó- és speciálkollégiumaihoz. Jelentős számú szakdolgozat, TDK munka és doktori értekezés készült a vezetése mellett. Oktató munkájáért kétszer részesült Miniszteri Dicséretben. 1974-ben elnyerte az Oktatásügy Kiváló Dolgozója kitüntetését is. Számos tudományos szervezetnek volt tagja, vezetője. Részt vett az MTA Meteorológiai Tudományos Bizottság munkájában, társelnöke volt a MTA DAB Meteorológiai Munkabizottságának. Több mint 10 évig volt a Földtudományi Tanszékcsoport, illetve Intézet vezetője és közel 20 éven át volt tagja a Debreceni Egyetem Természettudományi Kar Tanácsának. Hosszú éveken át tagja volt a Magyar Meteorológiai Társaság választmányának, irányította az MMT Debreceni csoportjának munkáját. Munkája elismeréseként a Meteorológiai Társaság tiszteletbeli tagjává választotta. A Magyar Meteorológiai Társaság 1972-ben és 1998-ban szakirodalmi nívódíjat, 1978-ban Steiner Lajos Emlékérmét adományozott számára tudományos és társasági munkája elismeréseként, 1991-ben megkapta a Berényi Díjat.



A Tokaj-hegyaljai szőlőültetvények mezo- és mikroklimatikus jellemzőiről szóló akadémiai doktori értekezésére kapta meg 1990-ben a *Földrajztudományok doktora* – címet. 1992. január elsejétől vonult nyugalományba. 1996-ban kiemelkedő tudományos teljesítményét, hazai és nemzetközi szakmai tekintélyét *Professor Emeritus* címmel ismerték el. A Meteorológiai Tanszék külföldi kapcsolatai Justyák professzor tanszékvezetése alatt voltak a legkiterjedtebbek. A kijevi, a lublini és a brnói egyetem megfelelő tanszékeivel volt szoros együttműködése. 1988-ban a Szlovák Hidrometeorológiai Társaság emlékéremmel jutalmazta a tanszékvezető együttműködő tevékenységét. 70. születésnapja alkalmából, 1999-ben a Kossuth Lajos Tudományegyetem és a brnói Masaryk Egyetem rektora Egyetemi emlékéremmel tüntette ki. 1999-ben a hazai meteorológusok számára legnagyobb elismerést jelentő *Schenzl Guidó*-díjat vehette át a környezetvédelmi minisztertől. A kilencvenes években még nagyon sokat dolgozott, számos egyetemi jegyzettel bővítette a hazai éghajlat-tani szakirodalmat. Ezek közül kiemelkedő a kontinenseket bemutató jegyzetsorozata: 1994-ben készült el önálló jegyzetként Afrika, Európa, Észak-Amerika és az Északi-sarkvidék éghajlatáról szóló összeállítás. 1995-ben jelent meg a sokat forgatott *Klimatológia* jegyzete, de ekkor írta az Ausztrália és Óceánia éghajlati képét bemutató kötetet is. 1996-ban az Antarktis éghajlata, 1997-ben Közép- és Dél-Amerika, valamint Ázsia éghajlata jelent meg. A Magyarország éghajlatát bemutató jegyzete 1998-ban látott napvilágot. 2001-ben közös jegyzetet írt Szász Gáborral. Utolsó jelentősebb munkája egy, Szegedi Sándorral és Tőkei Lászlóval közösen írt terepklíma jegyzet volt. Közel négy évtizeden keresztül földrajz szakos hallgatóknak az Általános meteorológia, a Föld éghajlata, valamint a Magyarország éghajlata c. tantárgyat tanította.

Derűs, közvetlen egyéniség volt. Tanítványai szerették, tisztelték. Egyik egykori tanítványa így emlékezett róla: „*Justyák János óráin a ciklon borultsága után az anticiklon napfénye jött el.*” Jó hangulatúak és a közösséget összekovácsolóak voltak a nyári földrajzos terepgyakorlatok. Sok évtizedes kiemelkedő oktató és kutató munkáját a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kara 2006-ben Gyémánt Katedra kitüntetéssel jutalmazta. A Debreceni Egyetem rektora méltatásához („*Justyák professzor jegyzeteiből, könyveiből hallgatók generációi tanulhattak*”) azt fűzhetjük hozzá, hogy nemcsak a hallgatók, hanem a magyar meteorológus-társadalom generációi is sokat tanulhattak tőle.

A Magyar Meteorológia Társaság kegyelettel őrzi tiszteleti tagja emlékét!

Felelős szerkesztő:

Dunkel Zoltán

a szerkesztőbizottság elnöke

Szerkesztőbizottság:

Bartholy Judit

Bihari Zita

Haszpra László

Hunkár Márta

Nagy Andrea éghajlati összefoglaló

Sáhó Ágnes technikai szerkesztő

Somfalvi-Tóth Katalin kislexikon

Szudár Béla

Térey János olvasószerkesztő

Tóth Róbert főszerkesztő-helyettes

ISSN 0 133-3666

A kiadásért felel:

Dunkel Zoltán

az OMSZ elnöke

Készült:

HM Zrínyi Nonprofit Kft.

nyomdájában

800 példányban

Megjelent: 2013. július

Felelős vezető:

Dr. Bozsonyi Károly

üv. igazgató

Évi előfizetési díja 1760 Ft

Megrendelhető az OMSZ

Pénzügyi és Számviteli Osztályán

1525 Budapest Pf. 38.

E-mail: legkor@met.hu

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT ÉS A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

TARTALOM

CÍMLAPON: *Tanszéki kompozit: napfénytartammérő; az ELTE Ludovika tér 2. szám alatti épülete; az új, lánymányosi épület és mérőkertje.*

Dunkel Zoltán: **Megemlékezés Justyák Jánosról**.....134

TANULMÁNYOK

Weidinger Tamás: **Mikrometeorológiai mérések**

az ELTE Meteorológiai Tanszékén.....137

Ács Ferenc és Breuer Hajnalka: **A talaj szerepe a meteorológiában és a klimatológiában**.....144

Barcza Zoltán, Haszpra László, Hidy Dóra, Gelybó Györgyi és Dobor Laura:

A légkör és a bioszféra közötti szén-dioxid csere vizsgálata.....147

Bartholy Judit, Pongrácz Rita, Práger Tamás, Pieczka Ildikó,

Torma Csaba és Kelemen Fanni: **Regionális klímamodellek**

adaptációja, parametrizációs kísérletei a Kárpát-medence térségére.....150

Bartholy Judit, Radics Kornélia és Péliné Németh Csilla:

Hazánk szélklímája, a szélenergia hasznosítása: múlt, jelen, jövő.....153

Havasi Ágnes és Faragó István: **Alkalmazott matematika**

a meteorológiában.....156

Matyasovszky István: **Néhány statisztikus módszer az elméleti**

és alkalmazott klimatológiai vizsgálatokban.....159

Mészáros Róbert, Lagzi István, Kolozsi-Komjáthy Eszter, Leelössy Ádám,

Steierlein Ákos és Nagy Roland: **Légköri terjedési és ülepedési**

modellek fejlesztése és alkalmazása.....162

Pongrácz Rita, Bartholy Judit, Kis Anna, Miklós Erika és Törék Orsolya:

Extrém éghajlati indexek várható tendenciái modell-szimulációk

eredményei alapján.....166

Dezső Zsuzsanna, Bartholy Judit, Pongrácz Rita és Lelovics Enikő:

Városi hősziget vizsgálatok műholdas és állomási mérések alapján.....170

Weidinger Tamás, Horváth László, Kiss Győző, Takács Zita, Pogány Andrea,

Bozóki Zoltán, Mohácsi Árpád, Bordás Árpád, Machon Attila,

Istenes Zoltán, Grosz Balázs, Gyöngyösi András Zénó és Eredics Attila:

Mikrometeorológiai mérések az EU FP6 NitroEurope programban

– az ELTE Meteorológiai Tanszék részvétele.....174

Gyöngyösi András Zénó, André Karolina, Horányi András,

Mile Máté, Szépszó Gabriella, Tasnádi Péter és Weidinger Tamás:

Numerikus meteorológiai modellfuttatások az ELTE Meteorológiai

Tanszékén.....177

Kelemen Fanni Dóra, Bartholy Judit, Pongrácz Rita: **A mediterrán**

ciklonok klimatológiai vizsgálata reanalízis adatok alapján.....184

Somfalvi-Tóth Katalin: **Kisenciklopédia**.....(173)..(185)...187

Németh Ákos: **A Magyar Meteorológiai Társaság hírei**.....(143)..(152)...188

Rajhónáné Nagy Andrea: **2012 őszének időjárása**.....189

Térey János: **A fiatal nyár**.....191

LIST OF CONTENTS see next page

Felelős szerkesztő:
Dunkel Zoltán
a szerkesztőbizottság elnöke

Szerkesztőbizottság:
Bartholy Judit
Bihari Zita
Haszpra László
Hunkár Márta

Nagy Andrea éghajlati összefoglaló
Sáhné Ágnes technikai szerkesztő
Somfalvi-Tóth Katalin kislexikon
Szudár Béla
Térey János olvasószerkesztő
Tóth Róbert főszerkesztő-helyettes

ISSN 0 133-3666

A kiadásért felel:
Dunkel Zoltán
az OMSZ elnöke

Készült:
HM Zrínyi Nonprofit Kft.
nyomdájában
800 példányban
Megjelent: 2013. július

Felelős vezető:
Dr. Bozsonyi Károly
úv. igazgató

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

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT ÉS A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

LIST OF CONTENTS

COVER PAGE: *Departments's Compoist: A sunshine recorder, ELTE University building, Budapest Ludovika square 2, the new university building in Lagymanyos, observation garden of the Met Department*
Zoltán Dunkel: **Memory of Professor János Justyák**.....134

STUDIES

Tamás Weidinger: Micrometeorological Measurements at the Department of Meteorology of ELTE	137
Ferenc Ács and Hajnalka Breuer: The Role of Soil in Meteorology and Climatology	144
Zoltán Barcza, László Haszpra, Dóra Hidy, Györgyi Gelybó and Laura Dobor: Analysis of Exchange of Carbon Doioxide between Biosphere and Atmosphere	147
Judit Bartholy, Rita Pongrácz, Tamás Práger, Ildikó Pieczka, Csaba Torma, Fanni Kelemen: Adaptation and Simulations of Regional Climate Models for the Carpathian Basin	150
Judit Bartholy, Kornélia Radics and Csilla Péliné Németh: Wind Climate of our Land, Exploitation of Wind Energy: Past, Present, Future	153
Ágnes Havasi and István Faragó: Applied Mathematics in Meteorology ..	156
István Matyasovszky: Some Statistical Methods used in Theoretical and Applied Climatology	159
Róbert Mészáros, István Lagzi, Eszter Kolozsi-Komjáthy, Ádám Leelőssy, Ákos Steierlein and Roland Nagy: Development and Applications of Atmospheric Transport and Deposition Models	162
Rita Pongrácz, Judit Bartholy, Anna Kis, Erika Miklós and Orsolya Török: Projected Trends of Extreme Climate Indices on the Basis of Regional Climate Model Simulations	166
Zsuzsanna Dezső, Judit Bartholy, Rita Pongrácz and Enikő Lelovics: Investigation of Urban Heat Island by Satellites and Surface-based Measurements	170
Tamás Weidinger, László Horváth, Győző Kiss, Zita Takács, Andrea Pogány, Zoltán Bozóki, Árpád Mohácsi, Árpád Bordás, Attila Machon, Zoltán Istenes, Balázs Grosz András Zénó Gyöngyösi and Attila Eredics: Micrometeorological Measurements in the EU FP6 NitroEurope Program – Role of ELTE, Department of Meteorology	174
András Zénó Gyöngyösi, Karolina André, András Horányi, Máté Mile, Gabriella Szépszó, Péter Tasnádi and Tamás Weidinger: Numerical Meteorological Model Integration at the Department of Meteorology of Eötvös Loránd University	177
Fanni Dóra Kelemen, Judit Bartholy and Rita Pongrácz: Climatological analysis of the Cyclones in the Mediterranean Region Based on Reanalysis Data	184
Katalin Somfalvi-Tóth: Pocket Encyclopedia (173)..(185) ..	187
Ákos Németh: News of the Hungarian Meteorological Society (143)..(152) ..	188
Andrea Rajhonáné Nagy: Weather of Autumn 2012	189
János Térey: The young summer (a poem)	191

MIKROMETEOROLÓGIAI MÉRÉSEK AZ ELTE METEOROLÓGIAI TANSZÉKÉN

MICROMETEOROLOGICAL MEASUREMENTS AT THE DEPARTMENT OF METEOROLOGY OF ELTE

Weidinger Tamás

ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.
weidi@caesar.elte.hu

Összefoglalás: Az ELTE Meteorológiai Tanszék 1945-ös alapításától jelen vannak a meteorológiai mérések és megfigyelések. A kezdetektől fogva kiemelkedő szerepe van a mikro- és az agrometeorológiának. A cikkben a hazai mikrometeorológiai mérések áttekintése után megismerkedünk a Tanszék mérési programjaival az Erdőhátpusztai Mikroklímakutató Állomástól a mai – hazai és nemzetközi együttműködésben folyó – kutatásokig.

Abstract: Measurements, agro- and micrometeorological investigations have been playing an important role at the Department of Meteorology from its establishment in 1945 up to now. After a short overview of the history of the Hungarian micrometeorological research, the main goals of the measurement programs of the Department are presented from the start (Microclimatological Observatory in Erdőhátpuszta) to the present (wide range of national and international collaborations).

Bevezetés. A meteorológia mérésekre alapozó tudomány, amely a Föld-légkör rendszer folyamatait egységes szerkezetben vizsgálja. A föld- és űrbázisú meteorológiai alrendszer elemei a szinoptikus állomásoktól az óceáni bójákön és a repülőgépes méréseken át a kvázipoláris és a geoszinkron műholdakig szolgáltatnak adatokat a háromdimenziós (3D) légkör szerkezetéről meteorológiai, klimatológiai és levegőkörnyezeti feladatokhoz (Trenberth, 2010). A rendszeres állomási mérések mellett kitüntetett szerepe van a műszer- és mérőrendszer fejlesztésnek, a mikrometeorológiai, agrometeorológiai és városklimatológiai méréseknek, amelyeknek nagy hagyományai vannak az ELTE Meteorológiai Tanszékén is. A felszínközeli réteg folyamatainak a megértéséhez i) a meteorológiai állapothatározók, illetve ii) a légköri nyomanyagok koncentráció adatain kívül fontos iii) a talaj-bioszféra-légkör kicserélődési folyamatainak leírása, a különböző tulajdonságok (impulzus, energia, anyag) áramának (egységnyi felületen időegység alatt átáramló mennyiség) meghatározása.

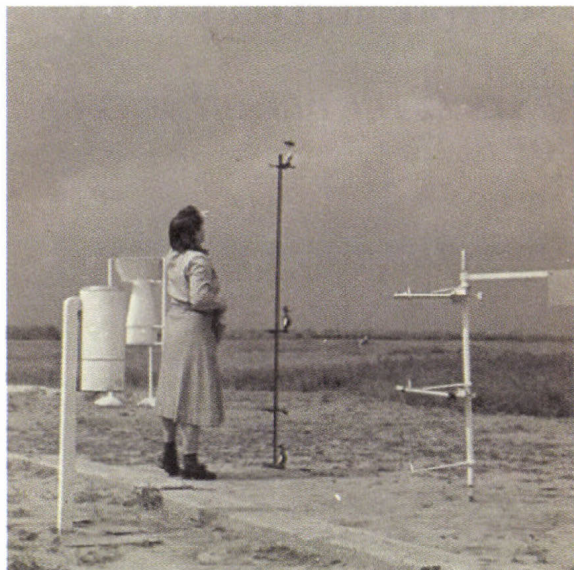
Hazai mikrometeorológiai mérések – történeti áttekintés. A hazai mikrometeorológiai mérések – nemzetközi együttműködésekbe ágyazódva – nagy hagyományokkal rendelkeznek. A kezdetek az Országos Meteorológiai és Földmágnességi Intézet Ó-gyallai Observatóriumáig nyúlnak vissza (Konkoly-Thege, 1909). Az 1920-as 30-as években Marczell György, Bacsó Nándor, Zólyomi Bálint mikrometeorológiai kutatásait kell megemlíteni (Weidinger, 1988). Az elméleti igényű hazai tankönyvek közül kiemelkedik Száva-Kováts és Berényi (1948); Berényi (1967); Anda és Burucs (1997); Szász és Tőkei (1997); Anda és Dunkel (2000); Rajkai et al. (2004) és Ács (2008) munkája. A kísérleti mikrometeorológia elsősorban agrometeorológiai obszervatóriumokhoz kapcsolódott. Hangsúlyos szerepet kapott a felszín energiamérlege, a párolgás becslése és a meteorológiai állapothatározók profiljainak a meghatáro-

zása. Az Erdőhátpusztai Mikroklímakutató Állomás – amely az ELTE Meteorológiai Tanszékhez tartozott – az 1970-es évek közepéig működött Száva Kováts József, majd Dobosi Zoltán és Erdős László irányításával.

A Debreceni Egyetem Agrometeorológiai Observatórium a XIX. századig visszanyúló hagyományokkal rendelkezik (vezetője Szász Gábor professzor úr), de a síkfőkúti erdei mérőállomás is több mint 40 éves múlttal rendelkezik (Szegedi, 2008). A Pannon Egyetem Keszthelyi Agrometeorológiai Observatóriumában 1972-ben indultak a mérések, ennek vezetője Prof. Anda Angéla. Meg kell említeni a Szarvasi Agrometeorológiai Observatóriumot (korábban az OMSZ, jelenleg a Tessedik Sámuel Egyetemi Központ kezelésében), a soproni Erdészeti Kar (NyME) kísérleti állomását a Soproni-hegyvidéken, vagy a növénytermesztéshez kapcsolódó mosonmagyaróvári agrometeorológiai kutatásokat. A Paksi Atomerőmű 120 m-es mérőtornyán az 1980-as évektől folynak szél-, hőmérséklet- és nedvességprofil mérések (Weidinger et al., 2010b).

A Szegedi Egyetem Éghajlati Tanszéken Prof. Wagner Richárd indította el a mikrometeorológiai méréseket még az 1950-es években (pl. rizs-állomány felett). A karszt felszín feletti mikroklíma mérések Prof. Bárányiné Kevei Ilona nevéhez fűződnek. A városklíma kutatásokat Péczely György professzor úr alapozta meg. Ezt az iskolát viszi tovább Makra László és Unger János, a Szegedi Tudományegyetem Éghajlati és Tájföldrajzi Tanszék vezetője (Kiss et al., 2006; Unger, 2010; Weidinger et al., 2010a).

A mikrometeorológia és az ökológia számos ponton kapcsolódik egymáshoz (Bacsó és Zólyomi, 1934). A i) felszín-bioszféra-légkör kölcsönhatások tanulmányozása, ii) a légköri anyagmérlegek (pl. víz, szén, nitrogén, kén) elemzése, iii) az üvegházhatású gázok kibocsátása, iv) a fenntartható mezőgazdaság (optimális táj és ökoszisztéma stratégiák) kialakítása az elmúlt negyed században



1. ábra: Mikrometeorológiai mérések a Martonvásári Meteorológiai Observatóriumban. Szélsebesség, hőmérséklet és nedvesség profilmérések hagyományos műszerekkel (felül), Erdős László kísérletvezető talajmintát vesz (alul).

vált egyre fontosabbá. E témakörök vizsgálata integrált mérési és modellezési munkát követel. Mára létrejött a hazai Ökológiai Kutatóállomások Hálózata, ami a Nemzeti Kutatási Infrastruktúra Regiszter (a Nemzeti Innovációs Hivatal által koordinált program, <https://regiszter.nekifut.hu/>) részét képezi. Hasonló hazai hálózatban működnek az ökológiai bázisterületek is. Mindkét kutatásnak vannak mikrometeorológiai vonatkozásai.

Mikrometeorológiai mérések a Meteorológiai Tanszéken: kezdetektől az Erdőhátpusztai Mikroklímakutató Állomás működéséig. Az agrometeorológiai és így a mikrometeorológiai mérések elindítása Száva-Kováts József professzor úrhoz kötődik. Érdekességként megemlítjük, hogy a paradicsom-állományok mikroklíma módosításával

kapcsolatban (takarás, felszíni albedó változtatása) a budapesti, egyetemi Botanikus Kertben végzett vizsgálatokat már 1947–48-ban (Frenyó, 1951). Az energiamérleg meghatározásáról, a mikrometeorológiai mérések fontosságáról az alábbiakat írta az Időjárás hasábjain (Száva-Kováts, 1948): „Egy önállóan gazdálkodó légtér hőforgalma a világtér és a talaj hőháztartásába van beépítve. ... első helyen kell említenünk a légkörbe és a felszínbe behatoló és onnan távozó energiaáram irányváltozásainak és átalakulásainak pontos megismerését. Ezzel nemcsak új összefüggések felbecsülhetetlenül gazdag kincsestára fog felnyílni számunkra, hanem régóta eredménytelenül vizsgált jelenségek megoldásának lehetősége is. Ilyen például a pontos meghatározás elől eddig mindig kisiklott párolgás problémája.”

A rendszeres mérések az Erdőhátpusztai Mikroklímakutató Állomáson (később Martonvásári Meteorológiai Observatórium) kezdődtek. Az observatórium az 1950-es évek elejétől 1979-ig működött. A tudományos munka az anyagi támogatás csökkenésével fokozatosan megszűnt. A cikk írójának már csak az a feladat maradt, hogy elvégezze az observatórium eszközeinek leltárba vételét az 1980-as évek közepén. Gazdag műszerállomány volt, persze akkor még az adatrögzítést hatszíníró berendezések végezték. Az ELTE évkönyveiben 1965-től a Meteorológiai Tanszékhez tartozó önálló egységként jelent meg. Kezdetben mikrometeorológiai méréseket végeztek (pl. lejtők sugárháztartása), ami agrometeorológiai vizsgálatokkal egészült ki (Rákóczi, 1995). Nagy hangsúlyt helyeztek a csupasz és a művelt talajok hő- és vízháztartására (1. ábra). 1960-as évek elején indultak a liziméteres mérések, de hosszú talajnedvességi adatsorokkal is rendelkezett az observatórium. Ezeket a kutatásokat Erdős László tanár úr irányította. A tudományos eredmények között szerepel 3 kandidátusi értekezés és többek között 16. Időjárás cikk (1. táblázat). A kutatások szoros együttműködésben folytak az OMSZ Martonvásári Agrometeorológiai Observatóriumával ahol Pletser János munkáját kell kiemelni. A Schenk, illetve a LiCor gyártmányú sugárházmérők a mai napig működépesek. Az observatórium tevékenysége, majd megszűnése máig ható tanulsággal szolgált: szükség van a meteorológiai oktatásban és kutatásban a korszerű műszerekre és a mérésekre, de nem vállalkozhatunk erőnket meghaladó fejlesztésekre, olyan beszerzésekre, amelyeknek a fenntartása hosszú távon nem garantált.

Az önálló observatórium helyett az együttműködés, az új mérési eszközök meghonosítása, illetve a felszíni energiaháztartás és a nyomanyag fluxusok meghatározására szolgáló mérő- és adatfeldolgozó rendszerek fejlesztésére helyeződött a hangsúly.

I. táblázat: A Martonvásári Meteorológiai Observatórium az Időjárás című folyóiratban megjelent publikációk tükrében.

Szerző	Év	Cím
Felméry László	1955	Kísérlet természetes felszínnek párolgásának meghatározására
Dobosi Zoltán	1955	Mikroklimatikus sugárázsmérések fehér-fekete gömbű inszolációs hőmérővel
Dobosi Zoltán	1956	A függőleges hőáram szerepe a légkörhőmérséklet napi menetének kialakításában
Dobosi Zoltán	1956	Kritérium a függő mikroklíma jelenlétének megállapításához
Dobosi Zoltán	1957	Vizsgálatok egy hazai talajfelszín sugárzási mérlegéről
Dobosi Zoltán	1959	A mikroadvekcio jelentkezése a talajközeli légterben
Dobosi Zoltán	1960	Vizsgálatok a talajközeli légréteg szélsőséges hőmérsékletéről
Erdős László és Papp Béla	1961	A felszíni lefolyás műszeres mérése
Felméry László	1963	Adatok a talajközeli légrétegek nedvességi viszonyaihoz
Erdős László	1964	A csupasz talaj párolgásának mérése liziméterrel
Erdős László	1966	A párolgási képesség mérése
Erdős László	1966	A potenciális párolgás különböző nedves felszínek felett
Erdős László	1967	A potenciális párolgás mérésének főbb hibaforrásai
Erdős László és Huynh Nguyen Lai	1974	A kukorica természetes és potenciális evapotranspirációja
Felméry László	1974	A fotoszintézisben aktív sugárzás mennyisége a tenyészidőszakban

Új mérési programok, együttműködések az 1990-es években. Az 1990-es évek elején indult a felsőoktatási infrastruktúra és műszerfejlesztés hazai és világbanki források bevonásával. A tanszék célja a mikrometeorológiai műszerfejlesztés volt. Az OMSZ-szal együttműködve az általuk beszerzett Campbell gyártmányú Bowen-arány mérő és a GILL szónikus anemométer mellé (21 Hz felbontás) a latens hőáram mérésére szolgáló KH-20 Krypton Hygrométert, sugárzásegyenleg-mérőt, illetve szél- hőmérséklet és nedvesség profil mérésére szolgáló Vaisala műszereket szereztünk be. Fejlesztettük az adatgyűjtő és az adattároló rendszerünket is. Horváth László vezetésével, az OMSZ az ERTI (Erdészeti Tudományos Intézet) és az

ELTE együttműködésében 1991-ben indultak és 1998-ig tartottak az alacsony és magas vegetáció feletti energiaház-tartási és nyomanyag (O_3 , SO_2 , NO , NO_x) áram mérések. A cél az üledései sebesség évszakos változásainak meghatározása volt. 4 mérési expedíciót szerveztünk a Hortobágyon (Nagyiváni puszta), 5 mérési kampányt pedig az ERTI nyírjesi bázisterületén (Mátra), fenyőállomány felett (Horváth *et al.*, 1996, 2003). Az egyetemi műszerfejlesztési pályázatnak köszönhetően kapcsolódtunk be 1993-ban a hegyhátsági hosszú távú szénmérleg mérésekbe a 117 m-es TV tornyon folyó CO_2 profilmérésekre szolgáló LiCor műszerrel, a 4 Hz-es Gill szónikus anemométerrel, a talajhőmérséklet, hőáram és sugárzási mérésekkel (Haszpra *et*



2. ábra: Mikrometeorológiai mérés (Turew, Lengyelország 2008) EU FP6 NitroEurope program SzE Optikai és Kvantumelektronikai Tsz. Fotoakusztikus Kut.csop. Metek USA-1 szónikus anemométer, középen gradien oszlop szegedi fotoakusztikus ammóniamérő, sugárázsmérők (Pogány *et al.*, 2010).



3. ábra: A várhegy alagút szellőzésének mérése levegőminőségi vizsgálatokhoz, 1999 (Salma Imre felvétele).

al., 1996). A cikk szerzője a 2000-es évek elejéig vett részt a munkában (Haszpra et al., 2001). A folyamatos módszerfejlesztésért és adatfeldolgozásért tanszéki kollégánké, Barcza Zoltáné az érdem (Barcza, 2001; Barcza et al., 2009; Haszpra, 2011).

Mikrometeorológiai „expedíciós” mérések. A hallgatók bevonásával végzett expedíciós méréseknek szintén régi hagyománya van a Meteorológiai Tanszéken. Az 1960-as években Felméry László vezetésével tanulmányozták a Bakony éghajlatát (Felméry et al., 1971). Mérték többek között a Koloska-völgy (Balatonfüred mellett) mikrometeorológiai sajátosságait, áramlási képét. Az 1980-as években az OMSZ állomások látogatása, a Siófoki Viharjelző Obszervatórium munkájának a megismerése jelentette a meteorológiai nyári gyakorlatot. Az 1990-es évektől – a régi tanszéki műszerekre alapozva – létrejött egy folyamatosan fejlődő expedíciós mérésekre (beltéri és terepi) alkalmas műszerpark, ami mára magába foglalja a sugárzási és energiaháztartási méréseket, a $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ talajfluxus meghatározását, az ózon fluxus, illetve az ammónia gradiens méréseket. Nagy utat tettünk meg a kézi műszerek leolvasásától a Campbell gyártmányú adatgyűjtőkhöz (CR10, 21X, 23X, CR1000), a terepi mikroszámítógépek alkalmazásáig és fejlesztéséig együttműködve az ELTE Informatikai Karán Istenes Zoltánnal és az egri Nagy Józseffel (EWS Bt.), aki meteorológiai mű-

szereket és adatgyűjtőket is gyárt. 1994-ben a svédországi Uppsala mellett vettünk részt a NOPEX mérési programban nagyrészt saját műszereinkkel (Weidinger et al., 1999), illetve a kiskunsági homokdűnék felett mértük az 1999-es napfogyatkozás meteorológiai jellemzőit a berlini Frei Universitát hallgatóival a nyári terepgyakorlaton (Foken et al., 2001; Weidinger et al., 2001).

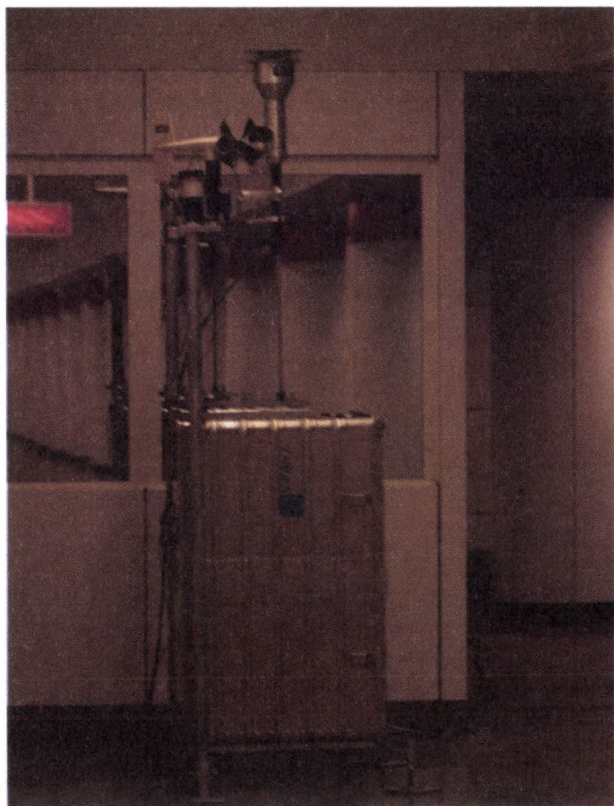
Az EU FP4 GRAMINAE program keretében (hazai témavezető Horváth László, OMSZ) Braunschweigben (Németország) mértük az ammónia és az ózon turbulens áramát a 2000-es év kora nyarán (Mészáros et al., 2009). Végeztünk méréseket vízfelszín felett is Kelemenszéken a Kiskunsági Nemzeti Parkban. Ebben az esetben az energiamérleg komponensek meghatározására és a párolgás számítására koncentráltunk (Weidinger et al., 2009).

Az EU FP6 NitroEurope program keretében 2008-ban Lengyelországban (Turew, Poznantól 30 km-re), 2009-ben pedig a dániai Aarhus mellett (Bjerringbro) folytattunk energiaháztartási és ammónia fluxus méréseket a Szegedi Tudományegyetem és a Nyugat-magyarországi Egyetem munkatársaival együttműködve (Weidinger et al., 2012). Számos mérést végeztünk a zárt terek mikroklimájával kapcsolatban is az elmúlt két évtizedben. Emelkezetesek az aggteleki karszton a hallgatókkal végzett mikroklimamérések (Fehér et al., 1999; Pintér és Tarczay, 2000), a Cserszegtomaji kútbarlangban, a Baradla barlangban, illetve a budapesti Szemlőhegyi barlangban (Fehér et al., 1999; Mika és Mészáros, 1999), vagy a váci fehérek templomában végzett kutatások. Ez utóbbi esetben azt vizsgáltuk, hogy milyen mikroklimatikus hatások járulhattak hozzá a mumifikálódáshoz (Bartholy et al., 1995). Részt vettünk az ELTE Természetföldrajzi Tanszéken kialakított esőztető berendezés üzembe helyezésében is. Egy 0,5 x 1 m-es karszt talaj monoliton vizsgáltuk a beszivárgás és a lefolyás arányát a lejtőszög és a csapadékintenzitás függvényében. A vízcseppek egy mozgó „tálcáról” hullanak alá 9 m magasból (Zámbó és Weidinger, 2006). Érdekes volt a Várhegy Alagút levegőminőségének a mérése is az 1990-es és a 2000-es években (3. ábra).

A Tanszék a meteorológiai mérési hátteret biztosította. A levegőkémiai méréseket Haszpra László (OMSZ), illetve Salma Imre (ELTE Kémiai Intézet) végezte (Haszpra, 1994; Haszpra et al., 1998; Salma et al., 2000).

Speciális kérdéseket vetett fel a metró levegőminőségének a meghatározása is. Itt az aeroszol részecskék összetétele mellett azt vizsgáltuk, hogy a szerelvények áthaladása során hogyan változik a koncentráció. Az Astoria állomáson elhelyezett részecske detektort (TEOM) és a Young-féle szélmonitort a 4. ábra szemlélteti. A metró levegőjét összehasonlítva más európai nagyvárosok metróival nincs szégyenkezni valónk (Kovács et al., 2007; Salma et al., 2007).

2000-es évek: Új fejlesztések, EU-s kutatási programok. A meteorológiai mérési és a szorosan hozzákapcsolódó modellezési tevékenységet négy nagy tématerület köré csoportosíthatjuk az ELTE Meteorológiai Tanszéken.



4 ábra: Az aeroszol koncentráció gyors (20 s-os) mérésére szolgáló műszer a Young-féle szélmonitornal a metró Astoria állomásán (TEOM - Tapered Element Oscillating Microbalance: kúpos elemű oszcilláló mikromérleg, Salma Imre felvétele).

1) *Folyamatos mérések az egyetemen: városklíma állomás és műholdvevő berendezés:* az ELTE TTK légmáányosi épületének átadása után, 1999-ben indult a Vaisala QLC50 automata mérőállomás, aminek az elhelyezését, műszerezettségét az OMSZ szakembereivel közösen alakítottuk ki a mérőkertben, illetve a 43 m magas épület tetején. (<http://nimbus.elte.hu/klima/allomas/index.html>, 2002.) A telepítéssel kapcsolatos előkészítési feladatokat Bartholy Judit és a cikk szerzője végezte (Bartholy és Weidinger, 1999). Az állomás folyamatos működtetésével kapcsolatos feladatokat Mészáros Róbert, Kern Anikó és Kovács Richárd látja el. Ezúton is köszönet illeti az OMSZ munkatársait (Nagy Józsefet és Nagy Zoltánt) a folyamatos karbantartásért, a minőségbiztosított adatokért.

2002-től működik az ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézetében a műholdvevő állomás, amely alkalmas a TERRA és AQUA erőforráskutató műholdak 250 méter felszíni felbontású MODIS képeinek vételére is. Nemcsak hazánkban, de régiókban is ez az egyetlen ilyen kapacitású vevő, a legközelebbi hasonló állomás Berlinben üzemel. (<http://sas2.elte.hu/allomas.htm>). A Tanszéken a városi hősziget detektálására, a kihullható víztartalom számítására, profilszámításokra és az ürfelvétel meteorológiai célú kiértékelésére használják a méréseket, de alkalmazzák meteorológiai modellek inicializációjában is. (<http://nimbus.elte.hu/kutatas/sat/dbcas.html>)

E kutatásokban Bartholy Judit, Barcza Zoltán, Soósné Dezső Zsuzsa, Kern Anikó, Kovács Richárd és Pongrácz Rita vesznek részt hallgatók bevonásával (Kern et al., 2005; Soósné Dezső Zs. et al., 2012, a jelen számban).

2) *Energiaháztartási és üvegházhatású gázok koncentráció és fluxus-mérései, szénmérleg-számítások:* ez a mérési és modellezési munka a hegyhátsáli TV-tornyon folyó mérésekre alapul. A tanszéki kutatások irányítója Barcza Zoltán. A vizsgálatok hazai és nemzetközi együttműködésben folynak. A támogatások közül kiemelkedik az OMFB műszerfejlesztése, az OTKA és az EU FP6 CarboEurope programja. (Bővebben lásd Barcza et al. (2012) cikkét a Léggör jelen számában.)

3) Egyre hangsúlyosabb szerepet kap a *különböző skálájú terjedési modellek* futtatása is. E terület egyik meghatározó tanszéki munkatársa Mészáros Róbert (Vincze et al., 2006; Mészáros et al., 2012a, Mészáros et al., 2012b). A Paksi Atomerőmű számára kifejlesztett terjedési modell meteorológiai ellenőrzéséhez a paksi toronymérések mellett egy nemrég (2010) beszerzett mobil meteorológiai állomás adatait is felhasználják.

4) *Energiaháztartási és nyomanyag fluxus mérések, terepi mérőrendszer fejlesztése:* Az elmúlt közel két évtizedes műszerfejlesztés és az OMSZ, illetve az ERTI szakembereivel, Horváth Lászlóval és Führer Ernővel kialakított együttműködésnek köszönhetően kapcsolódtunk be az 1990-es évek végén az európai kutatási együttműködésekbe.

• EU FP4 GRAMINAE, 1999–2002, Püspökladány – ammónia üledék számítása (a mérőhelyet lásd Mészáros Róbert cikkében Léggör 2012. évf. 3 sz.)

- EU FP5 GreenGrass, 2002–2005, Bugacpuszta – energiaháztartás és szénmérleg,
- EU FP6 NitroEurope, 2006–2011, Bugacpuszta – energiaháztartási és nitrogén mérleg komponensek mérése (részletesebben lásd Weidinger et al. cikkét a Léggör jelen számában),
- EU FP7 ÉCLAIRE, 2011–2015, Bugacpuszta – energiaháztartási és nyomanyag (elsősorban CO₂, O₃, NO, NO_x) fluxus mérése és modellezése.

A programok több intézet együttműködésében valósultak meg.

Összefoglaló megjegyzések. A cikk áttekintést adott az ELTE Meteorológiai Tanszékén folyó műszeres megfigyelésekről. A munkához biztos alapokat és máig ható tanulságokat szolgáltatott az Erdőhátpusztai Mikroklímakutató Állomás. Felhívta a figyelmet a mérési együttműködések fontosságára, a mikrometeorológiai mérőpark fejlesztésére. A cél az elmúlt 15–20 év fejlesztési eredményeinek megőrzése, a mérőrendszerek működőképességének fenntartása, a kutatás élvonalába tartozó további műszerek beszerzése (pl. nyomanyag árammérés).

Köszönetnyilvánítás

Ezúton mondunk köszönetet dr. Horváth Lászlónak, dr. Haszpra Lászlónak és Nagy Zoltánnak, az OMSZ munkatársainak a közel negyed százados mérési és kutatási együttműködésért. Sok hasznos tapasztalattal járt a Szent István Egyetemen való közös munka is. Köszönet illeti dr. Kiss Ádám és dr. Salma Imre professzor urat, továbbá dr. Horváth Ákos és dr. Istenes Zoltán egyetemi docentot a több mint egy évtizedes műszerfejlesztési és mérési együttműködésért. A külföldi kollégák közül különösen Prof. Thomas Fokennek (Bayreuthi Egyetem) Prof. Mark Suttonnak (CEH Edinburgh), Prof. Sven Halldimnak (Uppsalai Egyetem) és dr. Joseph Pintonnak (US EPA) mond köszönetet a cikk szerzője.

A munka a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR kutatóegyetemi projekt és a COST ES0804 támogatásával készült.

Irodalom

- Ács F., 2008: A talaj-növény-léggör rendszer meteorológiai alkalmazású modellezése. Alkalmazások a tudományban és az oktatásban. *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, 249 oldal.
- Anda A. és Burucs, Z., 1997: A növény és víz kapcsolata a talaj-növény-léggör rendszerben. *PATE GMK Nyomdája, Keszthely*, 141 oldal.
- Anda A. és Dunkel Z., 2000: Agrometeorológia. *PATE Nyomdája, Keszthely*.
- Bacsó N. és Zólyomi, B., 1934: Mikroklíma és növényzet a Bükkfennsíkon. *Időjárás* 38, 9–10. szám.
- Barcza, Z., 2001: Long term atmosphere/biosphere exchange of CO₂ in Hungary. *PhD Thesis*, Budapest, Department of Meteorology Eötvös Loránd University, 115 pp.
- Barcza, Z., Kern, A., Haszpra, L., and Kljun, N., 2009. Spatial representativeness of tall tower eddy covariance measurements using remote sensing and footprint analysis. *Agricultural and Forest Meteorology* 149, 795–807.

- Barcza Z., Haszpra L., Hidy D., Gelybó Gy. és Dobor L., 2012: A légkör és a bioszféra közötti szén-dioxid csere vizsgálata. *Légkör*, jelen lapszámban.
- Bartholy J., Mészáros R., Weidinger T. és Barcza Z., 1995: Mitől mumifikálódtak a váci kriptába temetett holttestek? *Légkör* XL(2), 28–33.
- Bartholy J. és Weidinger T., 1999: Városklíma-, szélenergetikai és mikrometeorológiai mérési programok az ELTE Meteorológiai Tanszékén. *Városklíma és levegőkörnyezet: új városklíma-állomás az ELTE-n, Szimpózium a Magyar Tudomány Napja rendezvénysorozat, Budapest, 1999. november 4.*
- Berényi, D.: 1967: Mikroklimatologie. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 328 p.
- Fehér, K., Hakl, J., Janata, K., Bognár, Cs., Nagy, F. and Weidinger, T., 1999: Cave-human interactions in two Hungarian caves. *Essays in the ecology and conservation of karst (Edited by Bárány-Kevei, I. and Gunn, J.), International Geographical Union, Commission Sustainable Development and Management of Karst Terrains, Szeged, Budapest, Miskolc*, 112–117.
- Felméry, L., Péczely, Gy. and Ruthner-Zách, M., 1971: Tanulmány a Bakony éghajlatáról. *ELTE Meteorológiai Tanszék Budapest*.
- Foken, Th., Wichura, B., Klemm, O., Gerchau, J., Winterhalter, M. and Weidinger, T., 2001: Micrometeorological conditions during the total solar eclipse of August 11, 1999. *Meteorol. Zeitschrift* 10, 171–178.
- Frenyó, V., 1951: A mikroklima növényélettani vonatkozásai. *Időjárás* 55, 3–4. szám, 72–78.
- Haszpra, L., 1994: Egy nap az Alagútban. *Légkör* 39, 1, 18–21.
- Haszpra, L., Barcza Z. és Weidinger T., 1996: Mérőrendszer a bioszféra és a légkör közötti szén-dioxid csere vizsgálatára. *Légkör* XLI (2), 10–13.
- Haszpra, L., Szigeti, A., Szilágyi, I., Fábri, Á. and Weidinger, T., 1998: Roadway-tunnel experiment for the determination of the characteristic emission of the Hungarian car-fleet. *Proceedings of 11th World Clean Air and Environment Congress, Durban, South Africa, 13–18. September 1998*.
- Haszpra, L., Barcza, Z., Bakwin, P.S., Berger, B.W., Davies, K.J. and Weidinger, T., 2001: Measuring system for the long-term monitoring of biosphere/atmosphere exchange of carbon dioxide. *J. Geophys. Res.* 106D, 3057–3070.
- Haszpra, L., (ed.), 2011: Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective. 1st Edition., Springer Verlag, 393 p.
- Horváth, L., Weidinger, T., Nagy, Z. and Führer, E., 1996: Measurement of dry deposition velocity of ozone, sulfur dioxide and nitrogen oxides above pine forest and low vegetation in different seasons by the gradient method. In: *Biosphere-Atmosphere Exchange of Pollutants and Trace Substances, (Edited by Slanina, J.), Springer, Heidelberg*, Vol. 4.
- Horváth, L., Pinto, J. and Weidinger, T., 2003: Estimate of the dry deposition of atmospheric nitrogen and sulfur species to spruce forest. *Időjárás* 107, 249–255.
- Kern, A., Bartholy J. és Pongrácz R., 2005: Az ELTE Környezetfizikai Tanszékcsoport műholdvevő állomása. *Légkör* 50, 1. szám 18–20.
- Kiss, A., Mezősi G. és Sümeghy Z., 2006 (szerkesztők): Táj, környezet és társadalom. Ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére, Szeged, 785 oldal.
- Konkoly-Thege, M. 1909: Kísérletek a hőmérő felállítások tökéletesítésére. *Magyar Királyi Országos Meteorológiai és Földmágnassági Intézet Kiadványa* 8.
- Kovács A., Ocskay R., Weidinger T. és Salma I., 2007: Egy nap a budapesti metróban. *Természet Világa, Természettudományi Közöny* 138, 10. füzet, 449–452.
- Mészáros, R., Horváth, L., Weidinger, T., Neftel, A., Nemitz, E., Dämmgen, U., Cellier, P. and Loubet, B., 2009: Measurement and modelling ozone fluxes over a cut and fertilized grassland. *Biogeosciences* 6, 1987–1999.
- Mészáros, R., Lagzi I., Kolozsi-Komjáthy E., Leelössy Á., Steierlein Á. és Nagy R., 2012a: Légköri terjedési és ülepedési modellek fejlesztése és alkalmazása. *Légkör*, jelen lapszámban.
- Mészáros, R., Leelössy, Á., Vincze, Cs., Szűcs, M., Kovács. T. and Lagzi, I., 2012b: Estimation of the dispersion of an accidental release of radionuclides and toxic materials based on weather type classification. *Theor. Appl. Climatol.* 107, 375–387.
- Mika Á. és Mészáros R., 1999: Mikrometeorológiai mérések a Csereszegtomaji-kútbarlangban. *Légkör* XLIV, 7–11.
- Pintér K. és Tarczay K., (Gyakorlatvezető tanárok: Mészáros R., Pongrácz R. és Weidinger T.), 2000: Mikrometeorológiai mérési gyakorlat meteorológus hallgatóknak. A meteorológia alkalmazásai. *A Meteorológus TDK Nyári Iskolája. Balatonalmádi, 2000. szeptember 4-7, Egyetemi Meteorológiai Füzetek* 13. (Szerk.: Pongrácz R., Weidinger T., Bartholy J. és Mészáros R.), *ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest*, 88–91.
- Pogány, A., Mohácsi, Á., Jones, S.K., Nemitz, E., Varga, A., Bozóki, Z., Galbács, Z., Weidinger, T., Horváth, L. and Szabó, G., 2010: Evaluation of a diode laser based photoacoustic instrument combined with preconcentration sampling for measuring surface-atmosphere exchange of ammonia with the aerodynamic gradient method. *Atmos. Environ.* 44, 1490–1496.
- Rajkai K., Szász G. és Huzsvai L. (szerk.), 2004: Agroökológiai modellek. *Egyetemi jegyzet, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar*, 230. oldal.
- Rákóczi, F., 1995: A meteorológia oktatása, Eötvös Loránd Tudományegyetem. Fejezetek a magyar meteorológia történetéből 1971–1995 (Szerkesztette: Simon A. és Tanczer T.), *Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest*, 403–408.
- Salma, I., Maenhaut, W., Weidinger, T., Záray, Gy. and Zemplén-Papp, É., 2000: Elemental size distributions in the urban atmospheric aerosol. *J. Aerosol Sci.* 31, S747–S748.
- Salma, I., Weidinger, T. and Maenhaut, W., 2007: Time-resolved mass concentration, composition and sources of aerosol particles in a metropolitan underground railway station. *Atmos. Environ.* 41 (37), 8391–8405.
- Soóné Dezső Zs., Bartholy J., Pongrácz R. és Lelovics E., 2011: Városi hősziget vizsgálatok műholdas és állomási adatok alapján. *Légkör*, jelen lapszámban.
- Szász G. és Tőkei L., (szerk.) 1997: Meteorológia mezőgazdák-nak, kertészeknek, erdészeknek. *Egyetemi tankönyv. Mezőgazda Kiadó, Budapest*, 722 oldal.
- Száva-Kovács J., 1948: A hőháztartási mérések jelentősége. *Időjárás* 52, 4-6. szám, 55–62.
- Száva-Kovács J. és Berényi D., 1948: A talajmenti légréteg éghajlata. Mikroklima és növényklíma. *Országos Meteorológiai és Földmágnassági Intézet*.
- Szegedi, S., 2008: History of the meteorological observations in Debrecen. *Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment Series* 2(1), 1–5.
- Unger J., 2010: A városi hősziget-jelenség néhány aspektusa. *Disszertáció az MTA doktora cím megszerzéséhez, Szeged*, 107 oldal.
- Trenberth, K.E. (ed.), 2010: Climate System Modeling. *Cambridge Univ. Press*, 820 p.

- Vincze, Cs., Lagzi I. és Mészáros, R., 2006: Húsz éve történt a csernobili katasztrófa: baleseti kibocsátás modellezése. *Légkör* 51, 2. szám, 11–14.
- Weidinger, T., 1988: A talajközeli légréteg hazai kutatásának fejlődése. *Légkör* XXXIII (2), 19–22.
- Weidinger, T., Ács, F., Mészáros, R. and Barcza, Z., 1999: Energy budget components in a forest clearcut: analysis of measurement results. *Időjárás* 103, 145–160.
- Weidinger, T. Pintér, K., Hirsch, T. és Mészáros, R., 2001: Az időjárási helyzet és a meteorológiai elemek változása az 1999. augusztus 11-i magyarországi teljes napfogyatkozás során. *Állattani Közlemények* 86, 59–74.
- Weidinger, T., Simon, Sz., Mádlné Szőnyi, J., and Bordás, Á., 2009: Uncertainties in the estimation of a shallow lake water budget. *Environmental Health and Humanity Issues in Down Danubian Region: Multidisciplinary Approach* (Edited by Mihailovic, D.T. and Miloradov, M.), World Scientific, New York, London, Singapore, 265–276.
- Weidinger, T., Baranka, Gy., Makra, L. and Gyöngyösi, A.Z., 2010a: Urban air quality and road traffic air pollution modelling of Szeged. Urban transport and hybrid vehicles (ed. Soyly, S.) Published by Sciyo. ISBN 987/953-307-100-8, 60–102.
- Weidinger, T., Horváth, L., Nagy, Z. and Gyöngyösi, A.Z., 2010b: Long-term measurements of energy budget and trace gas fluxes between the atmosphere and different types of ecosystems in Hungary. *Advances in environmental fluid mechanics* (Mihailovic, D.T. and Gualtieri, C. Editors) Publisher: World Scientific, New Jersey, London, Singapore, Beijing, Shanghai, Hong Kong, Taipei, Chennai, 185–208.
- Zámbó, L. és Weidinger, T., 2006: A karsztkorróziós talaj-hatás néhány tényezőjének vizsgálata esőszimulációs kísérletek alapján. *Táj, környezet és társadalom. Ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére. Szeged, 757–765.*

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI NEWS OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SOCIETY

folytatás a 152. oldalról

November 27. Tatai-Szabó Miklós: A szél mindig fú? A szélenergia otthoni hasznosítási lehetőségei (a Szombathelyi Területi Csoport rendezvénye)

November 28. Fövényi Attila: Sandy: Egy hurrikán New Yorkban (a Róna Zsigmond Ifjúsági Kör rendezvénye)

December 4. Hamza István: Kenuval a Duna forrásától a torkolatáig (a Szombathelyi Területi Csoport rendezvénye)

December 11. Nagy Katalin: A Kis-Balaton csodálatos világa (a Szombathelyi Területi Csoport rendezvénye)

Az MMT 2012. december 11-én tartotta meg szokásos év végi **közgyűlését**. A közgyűlésen szakmai előadást tartott **Weidinger Tamás** tagtársunk, aki 2012-ben kapta meg a Steiner Lajos Emlékérmet. Előadásának címe: A felszínközeli réteg turbulens kicserélődési folyamatai: mérés, modellezés, speciális alkalmazások. A szakmai előadást követően **Szentimrey Tamás** számolt be az Európai Meteorológiai Társaság (EMS) lodz-i üléséről. Őt követte **Dombai Ferenc** képes beszámolója az Ógyallán tett látogatásról.

A közgyűlés egyik legfontosabb napirendi pontja a Hille Alfréd Ifjúsági Pályadíj átadása volt. A pályázatra 9, magas színvonalú pályamű érkezett. A 2012-es díjazott **Leelőssy Ádám** lett, „Baleseti



Baksa Csaba az MFT és Dunkel Zoltán az MMT elnöke az együttműködési megállapodás aláírása után. 2012. július 3.

kibocsátásból származó szennyezőanyagok lokális skálájú terjedésének modellezése” című dolgozatával.

A közgyűlés ezt követően jóváhagyta a Nyíregyházi Területi Csoport megalakulását, ezzel vidéki csoportjaink száma ötre emelkedett. A Csoport elnöke **dr. Tar Károly**, Társaságunk társelnöke, titkára **dr. Dobány Zoltán**, a Nyíregyházi Főiskola docense lett.

A közgyűlés tisztségében megerősítette a Róna Zsigmond Ifjúsági Kör november 28-i ülésén megválasztott új titkárát, **Leelőssy Ádámot**.

A TALAJ SZEREPE A METEOROLÓGIÁBAN ÉS A KLIMATOLÓGIÁBAN THE ROLE OF SOIL IN METEOROLOGY AND CLIMATOLOGY

Ács Ferenc és Breuer Hajnalka

ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest Pázmány Péter sétány 1/A.
acs@caesar.elte.hu, breuer.hajni@gmail.com

Összefoglalás: A szerzők röviden ismertetik a talaj és a légkör közötti kapcsolatrendszerhez fűződő legfontosabb eredményeket: az evapotranspiráció és a talaj fizikai félesége közötti kapcsolatot, valamint a konvektív csapadék, a planetáris határreteg magassága és a különböző talaj adatbázisok közötti összefüggéseket.

Abstract: The authors have briefly presented their most important results referring to soil/atmosphere relationships. It is separately discussed the evapotranspiration/soil texture relationship as well as the sensitivity of convective precipitation and planetary boundary layer height to soil dataset use.

Bevezetés. A szerzők már évek, évtizedek óta a talaj és a növényzet meteorológiában és klimatológiában betöltött szerepével foglalkoznak. E témakör nemcsak a természettudományok, hanem a társadalomtudományok szempontjából is meghatározó fontosságú, elsősorban az ember és egyes kiválasztott növényeinek szimbiotikus kapcsolata miatt. E szimbiotikus kapcsolat következményeképpen a Föld arculata jelentős átalakulásban van, ez a „modern idők” (XXI. század) egyik legfontosabb jellemzője. A talaj és a növényzet elválaszthatatlan egységet alkotnak; nincs talaj növényzet nélkül, és fordítva, növényzet talaj nélkül. Így van ez a mi szakmánkban is a meteorológiai és/vagy klimatológiai szempontoktól (ezenkívül röviden meteorológiai) függetlenül.

Szétválaszthatatlanságuk ellenére azonban különbözően működnek: a növényzet gyors, míg a talaj lassú rendszer a tulajdonságok (energia, tömeg, momentum) átvitele szempontjából. Az átviteli folyamatok jellegét illetően is markáns eltérések vannak. E folyamatok közül sok a növényzet önszabályozó képességétől is függ.

Szembeesülve e különbségekkel a szakmai élet úgy hozta, hogy valamelyest többet foglalkoztunk a talaj/légkör, mintsem a növényzet/légkör kapcsolatrendszerének tanulmányozásával. Ezért úgy döntöttünk, hogy – bemutatkozásképpen – az előbbi kapcsolatrendszer kutatása során elért érdekesebb eredményeinket ismertetjük. Előtte azonban röviden foglalkozunk az alkalmazott módszerekkel és adatokkal. Írásunk végén pedig levonjuk a legfontosabb következtetéseket.

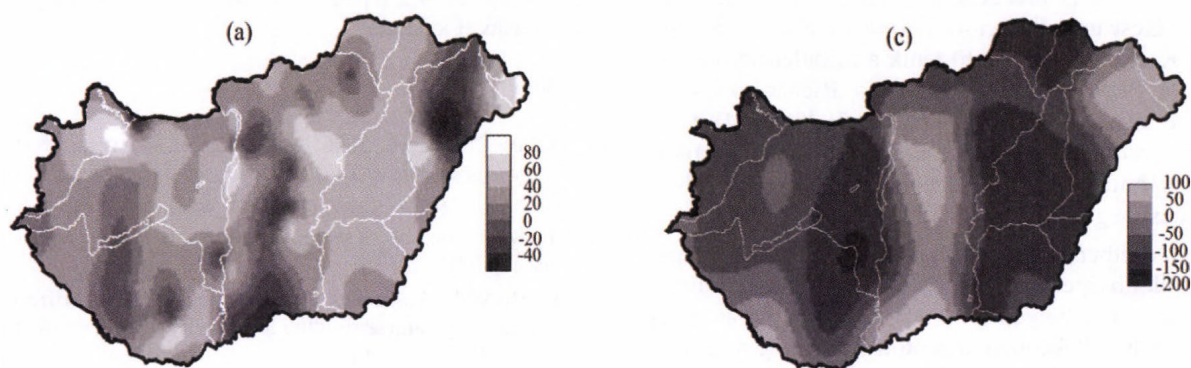
Anyag és módszer. Modellezői munkánkban mind egyszerű, mind összetett modelleket használtunk. Az egyszerű modelleket kizárólag off-line módon alkalmaztuk, vagyis a talajnedvesség előrejelzésére szolgáló modell (ezenkívül röviden talaj-modell) és a légköri előrejelző modellt (ezenkívül röviden légköri modell) nem csatoltuk egymáshoz. Ez azt jelenti, hogy a talaj-modell mért légköri határfeltételeket használt, míg az összetett modell-futtatások esetén mind off-, mind on-line módon futtat-

tuk. Ez utóbbi azt jelenti, hogy a talaj- és a légköri modellek csatoltak, így a talaj-modell szimulált légköri határfeltételeket használt a futtatások során.

Az egyszerű talaj-modellek közül a legegyszerűbbek egyike az ún. csöbör- vagy kanna modell. Mi a saját fejlesztésű ún. módosított Thornthwaite-féle modellt [M-BIO-TH (Modified Biophysical Thornthwaite model)] használtuk, melynek részletes leírása *Drucza és Ács* (2006), valamint *Ács et al.* (2007) tanulmányaiban található meg. Az összetett modellek közül az ún. Noah LSM (Land Surface Model) földfelszíni sémát használtuk az MM5 (Mesoscale Model Fifth Generation) mezoskálájú légköri modellhez csatoltan, azaz, az online-os vizsgálatokban. A Noah LSM részletesebb leírásával *Chen és Dudhia* (2001) munkájában találkozhatunk; a legfontosabb karakterisztikáinak bemutatása *Horváth et al.* (2007, 2009) cikkeiben is megtalálható.

Az M-BIO-TH modellt *Kakas* (1960) klíma és *Nemes* (2003) talaj-hidraulikai adatai segítségével futtattuk. Futtatásainkban a talaj fizikai féleségének területi eloszlását *Várallyay et al.* (1980) térképei alapján modelleztük. Az MM5 rendszer modell kezdeti és határfeltételeit az ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecast) reanalízis mezőiből vettük. Összehasonlító vizsgálatainkban az Egyesült Államok (ezenkívül US) és Magyarország (ezenkívül HU) talajainak hidraulikus paramétereit használtuk. E paraméter-értékek egyes fizikai féleségek, így pl. az agyag esetében, markánsan eltérnek. Ezen eltérések részletesebb ismertetése és elemzése *Ács et al.* (2010) munkájában található meg.

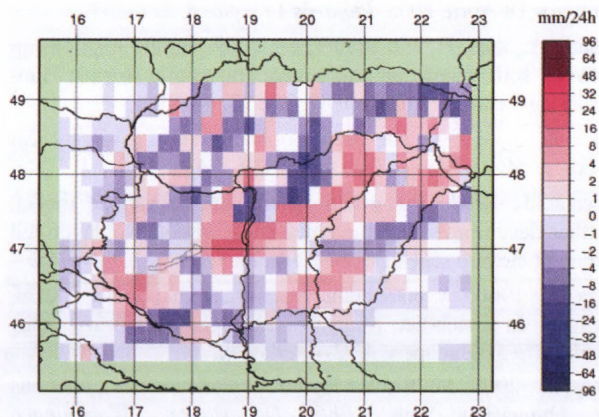
Eredmények. A meteorológiában a talaj fizikai tulajdonságai közül a talaj hidraulikus tulajdonságai a legfontosabbak. Ezeket leginkább a talaj fizikai félesége és a talaj-adatbázis jellemzői (a minták vételének helyszíne, ideje és módszertana, a mérés és a kiértékelés módszertana stb.) határozzák meg. Numerikus vizsgálataink egyes eredményeivel e két talajtényező légkörre gyakorolt hatását szemléltetjük.



1. ábra: A területileg változó és állandó $[100 \text{ mm} \cdot \text{m}^{-1}]$ hasznos vízkészlet esetén számított a) tényleges evapotranspiráció $[\text{mm} \cdot \text{év}^{-1}]$ és b) szenzibilis hőáram $[\text{MJ m}^{-2} \cdot \text{év}^{-1}]$ évi értékeire vonatkozó különbségek területi eloszlása.

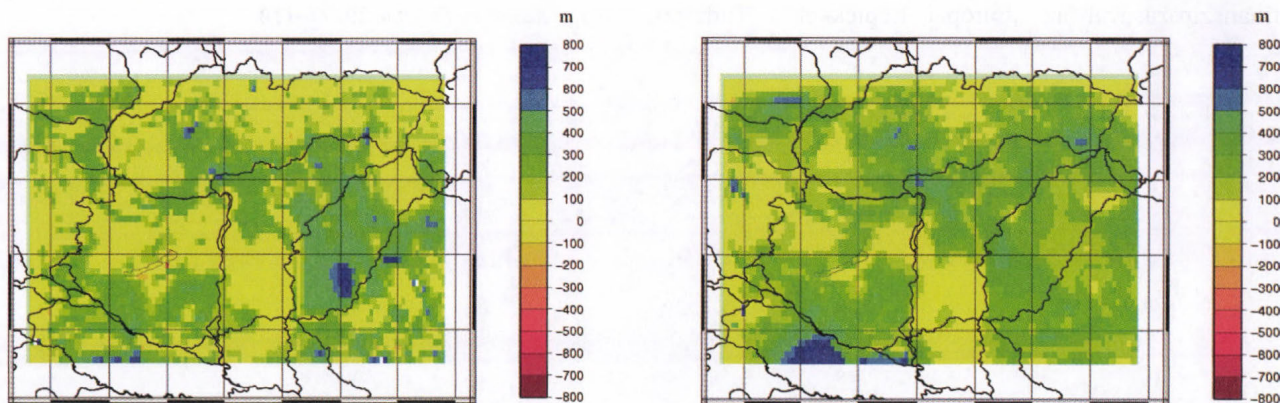
A talaj hasznos vízkészletének a felszín közeli turbulens áramok területi eloszlására és nagyságára gyakorolt hatását az 1. ábra szemlélteti. Mivel a hasznos vízkészlet $[a (\Theta_f - \Theta_w)]$ különbség; Θ_f a szabadföldi vízkapacitáshoz tartozó vízkészlet $[\text{mm} \cdot \text{m}^{-1}]$, Θ_w a hervadásponthoz tartozó vízkészlet $[\text{mm} \cdot \text{m}^{-1}]$ függ a talaj fizikai féleségétől,

a talaj fizikai féleségének területi változásával a hasznos vízkészlet is területileg változik. Így, az kisebb, mint $100 [\text{mm} \cdot \text{m}^{-1}]$ a homokos területeink (Somogy, Nyírség, Duna-Tisza köze) fölött, ugyanakkor nagyobb, mint $100 [\text{mm} \cdot \text{m}^{-1}]$ az inkább agyagos talajú területeink (pl. Nagykunság) fölött. E jellegzetes eloszlás – az evapotranspiráció és a szenzibilis hőáram területi eloszlásán keresztül – megfigyelhető az 1. ábrán is.



2. ábra: A HU- és az US-talaj paraméter-értékekkel számított konvektív csapadék napi összege különbségének területi eloszlása 2006. augusztus 1-jén.

A talajhatásokkal okozott felszín közeli turbulens áramok közötti különbségek időjárásbeli különbségeket is okozhatnak. Ezt meg is mutattuk az ún. konvektív típusú időjárási helyzetekben, amikor az adott térségben a konvekció folyamata a domináns időjárás-alakító jelenség. A hatás kimutatható nem csak a mély (Cb és konvektív csapadék képződés), hanem a sekély konvekció (többnyire derült időjárás Cu humilis-ek képződésével) esetében is. Ilyen eseteket szemléltet a 2. és a 3. ábra. Ezúttal a talajhatást az Egyesült Államokra és a Magyarországra vonatkozó talaj paraméter-értékek közötti különbségek jelentették. A mély konvekció esetében (2. ábra) a napi konvektív csapadékot, míg a sekély konvekció esetében (3. ábra) a planetáris határréteg magasságát (PHR) vizsgáltuk. A PHR esetén két fizikai



3. ábra: A HU- és az US-talaj paraméter-értékekkel számított planetáris határréteg magasság-különbségek területi eloszlása a) az MRF és b) az Eta PBL határréteg almodellek alapján 2007. július 18-án.

parametrizációra is elvégeztük a vizsgálatot. Az MRF (Medium Research Forecast) (Hong és Pan, 1996) sé-mában a K-elmélet alapján történik a turbulencia megha-tározása, a PHR tetejét pedig a bulk Richardson szám alapján becsülik. A Eta PBL (Janjic, 1990, 1994) ezzel szemben vertikális szintenként a turbulens kinetikus energia számításának segítségével történik a turbulens átkeveredés meghatározása és a PHR tetejének becslése.

Mindkét esetben a különbségek markánsak. A csapa-dékbeli különbségek +20 és -20 mm/nap között változ-tak, ami az adott helyen a napi csapadék 50%-át is je-lenthette. A kétféleképpen számított határreteg magassá-gok közötti különbségek egyes esetekben elérték a 400–500 m-t is. Az ilyen eltérések főleg az agyagos terü-letek fölött jelentkeztek, ahol a legnagyobbak a paramé-ter-értékek közötti különbségek. Említsük meg azt is, a $PHR^{HU} - PHR^{US}$ különbségek mindig pozitívak. Ez an-nak köszönhető, hogy a HU-talajoknak az US-talajokénál nagyobb a hasznos vízkészletük, ezért a relatív vízkészle-tük (a tényleges és a hasznos vízkészlet aránya) kisebb lesz az US-talajokéhoz képest, s ennek eredményeképpen a HU-talajok feletti szenzibilis hőáram, s így a PHR is, nagyobb lesz, mint az US-talajok felett. Az ábráról lát-hatjuk azt is, hogy a PHR különbségek függnek a plane-táris határreteg szimulálására szolgáló almodellektől is.

Konklúzió. E rövid áttekintésben csak a fizikai és biofizikai jellegű folyamatokkal (evapotranszpiráció, sekély és mély konvekció) foglalkoztunk. A biogeokémiai jellegű folyama-tok (pl. üvegházhatású gázok kibocsátása) ismertetése ezút-tal elmaradt, elsősorban terjedelmi okok miatt, habár érintő-legesen ezzel is foglalkoztunk (pl. Ács és Breuer, 2006). Meggyőződésünk szerint a biogeokémiai folyamatok jövő-beni tanulmányozása mindinkább nőni fog. Számunkra nyilvánvaló az is, hogy jövőben az off-line kísérletek he-lyett a csatolt (on-line) modellkísérletek kerülnek majd túlsúlyba. E váltás gyorsaságát alapvetően a rendelkezésre álló számítógép-kapacitás fogja meghatározni.

Köszönetnyilvánítás

E tanulmány az OTKA K-81432 számú pályázat, vala-mint az Európai Unió és az Európai Szociális Alap társ-finanszírozásával az „Európai Léptékkal a Tudásért,

ELTE-TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0003, pályázat támogatásával készült.

Irodalom

- Ács, F., és Breuer, H., 2006: Modelling of soil respiration in Hungary. *Agrokémia és Talajtan* 55, 1, 59–68.
- Ács, F., Breuer, H., és Szász, G., 2007: A tényleges párolgás és a talaj vízkészlet becslése tenyészidőszakban. *Agrokémia és Talajtan* 56, 217–236.
- Ács, F., Horváth, Á., Breuer, H., and Rubel, F., 2010: Effect of soil hydraulic parameters on the local convective precipitation. *Meteorol. Z.* 19 No. 2, 143–153.
- Chen, F., and Dudhia, J., 2001: Coupling an Advanced Land Surface-Hydrology Model with the Penn State-NCAR MM5 Modeling System. Part I: Implementation and Sensitivity. *Mon. Weather Rev.* 129, 569–585.
- Drucza, M., and Ács, F., 2006: Relationship between soil texture and near surface climate in Hungary. *Időjárás* 110, 135–153.
- Hong, S. Y. and Pan, H. L., 1996: Nonlocal Boundary Layer Vertical Diffusion in a Medium-Range Forecast Model. *Mon. Weather Rev.* 124, 2322–2339.
- Horváth, Á., Ács, F., and Geresdi, I., 2007: Sensitivity of severe convective storms to soil hydraulic characteristics: A case study for 18 April, 2005. *Időjárás* 111, No. 4, 221–237.
- Horváth, Á., Ács, F., and Breuer, H., 2009: On the relationship between soil, vegetation and severe convective storms: Hun-garian case studies. *Atmospheric Res.* 93, 66–81.
- Janjic, Z. J., 1990: The step-mountain coordinate-physical package. *Mon. Weather Rev.* 118, 1429–1443.
- Janjic, Z. J., 1994: The step-mountain Eta coordinate model. Further developments of the convection, viscous sublayer and turbulent closure schemes. *Mon. Weather Rev.* 112, 927–945.
- Kakas, J., 1960: A potenciális evapotranspiráció évi értékei, vízhiány és víztöbblet. Magyarország éghajlati atlasza. *Aka-démiai Kiadó*, Budapest, 46/2–4 térképek.
- Nemes, A., 2003: Multi-scale Hydraulic Pedotransfer Functions for Hungarian Soils. *PhD Dissertation, Wageningen Universiteit*, ISBN 90-5808-804-9, 143 pp.
- Várallyay, Gy, Szűcs, L., Rajkai, K., Zilahy, P., and Murányi, A., 1980: Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategória rendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. *Agrokémia és Talajtan* 29, 77–112.

A LÉGKÖR ÉS A BIOSZFÉRA KÖZÖTTI SZÉN-DIOXID CSERE VIZSGÁLATA

ANALYSIS OF CARBON DIOXIDE EXCHANGE BETWEEN BIOSPHERE AND ATMOSPHERE

Barcza Zoltán¹, Haszpra László^{2,3}, Hidy Dóra⁴, Gelybó Györgyi⁵, Dobor Laura¹

¹ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.

²Országos Meteorológiai Szolgálat, 1675 Budapest, Pf. 39.

³MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Geodéziai és Geofizikai Intézete, 9401 Sopron, Pf. 5.

⁴SZIE Növénytan és Ökofiziológiai Intézet, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1..

⁵MTA Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani és Agrokémiai Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
bzoli@elte.hu, haszpra.l@met.hu, dori.hidy@gmail.com, gyoresz@elte.hu, doborl@nimbus.elte.hu

Összefoglalás: Rövid tanulmányunkban a légkör és a bioszféra közötti szén-dioxid kicserélődés becslésével kapcsolatos eredményeinkről számolunk be. A kutatások szorosan kapcsolódnak a Hegyhátsálon (Vas megye) folyó mérésekhez, amelyeket az Eötvös Loránd Tudományegyetem és az Országos Meteorológiai Szolgálat együtt tart fenn. Az eredmények térbeli általánosítása kapcsán szót ejtünk egy biogeokémiai modellhez kapcsolódó munkánkról, valamint a bioszféra szén-dioxid mérlegének műholdas távérzékeléssel történő becslésének lehetőségeiről is.

Abstract: In this short communication we present our results about the estimation of carbon dioxide exchange between the biosphere and the atmosphere. Our research activities are closely related to the measurements at Hegyhátsál (Vas county) operated jointly by the Eötvös Loránd University and the Hungarian Meteorological Service. In order to provide spatially explicit estimations of carbon dioxide exchange we discuss our biogeochemical model related activities and the possibilities of estimating carbon dioxide balance components based on satellite remote sensing.

Bevezetés. Mind a mai napig nem ismerjük kellő pontossággal a szén globális körforgalmát, azon belül a szárazföldi bioszféra biogeokémiai folyamatait. A szárazföldi növényzet-talaj rendszer megközelítőleg 2300 milliárd tonna (IPCC, 2007; 7. fejezet) szenet tárol. Ez a mennyiség mintegy háromszorosa a jelenlegi (szén-dioxid formájában jelen lévő) légköri szénmennyiségnek, ezért kiemelten fontos ennek a tárolási kapacitásnak és esetleges változásainak felmérése. A globális szénkörforgalom folyamatai szoros kapcsolatban állnak bolygónk éghajlatával. Míg a szénmérleg elsősorban a szén-dioxid (CO₂) és a metán (CH₄) üvegházhatása révén befolyásolja az éghajlatot, az éghajlat is visszahat a szén körforgalmára, főként a bioszférán keresztül. Az éghajlat jövőbeli alakulásának előrejelzéséhez elengedhetetlen a globális szén-ciklus folyamatainak és visszacsatolásainak megértése (Friedlingstein and Prentice, 2010).

A szárazföldi bioszféra működésének megértése céljából világsszerte intenzív kutatások folynak. Globálisan a FLUXNET program koordinálja az ökológiai rendszerek szén-dioxid háztartásával kapcsolatos méréseket (Baldocchi et al., 2001).

Az európai erőfeszítéseket a CARBOEUROPE klaszter fogja össze (<http://www.carboeurope.org>; <http://www.ghg-europe.eu>). Elsődleges céljuk, hogy a rendelkezésre álló mérési adatok és modelleredmények alapján megbecsüljék, illetve pontosítsák a szárazföldi bioszféra szén-dioxid mérlegét (Schulze et al., 2009).

A bioszféra szén-dioxid forgalmának megismerésében közvetlen felszíni és távérzékelte mérések, valamint a matematikai modellek eszköztára lehet a segítségünkre.

A növényzet-légkör közötti gázcserét mikrometeorológiai módszerekkel, főképp az ún. eddy-kovariancia (EK) módszerrel vizsgálják (Baldocchi, 2003). Műholdas távérzékeléssel nagyobb térségekre nyerhetünk mérés alapú információt a vegetáció állapotáról, és így becsülhető annak szén-dioxid forgalma. Az eredmények nagyobb térségre történő kiterjesztésében és a teljes szén-dioxid háztartás becslésében pedig korszerű biogeokémiai modellek lehetnek segítségünkre.

Regionális skálájú monitoring rendszer. Magyarországon a Vas megyei Hegyhátsál település közelében létesült az első olyan mérőállomás, ahol lehetőség nyílt a bioszféra és a légkör közötti szén-dioxid kicserélődés mérésére. Az Antenna Hungária TV-adórtornyának felműszerezésével 1994 óta üzemel egy, a légköri szén-dioxid koncentráció monitorozását végző mérőállomás (Haszpra, 1999). 1997 óta egy 82 m magasságban elhelyezett EK mérőrendszer jóvoltából a koncentráció-mérések kiegészültek a torony körül elterülő egyes mezőgazdasági terület szén-dioxid forgalmának mérésével (Haszpra et al., 2005). 1999-2000-ben, majd 2006-tól folyamatosan mérjük a tornyot övező gyepek szén-dioxid forgalmát ugyancsak EK módszerrel (1. ábra).

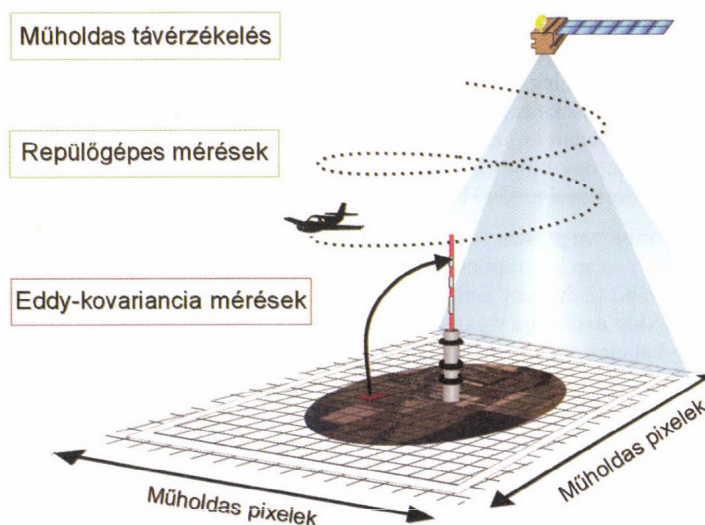
A 82 m magasságban elhelyezett EK rendszer mérései a tornyot körülvevő körülbelül 1 km-es távolságon belül eső térségre reprezentatívak. A forrásterület pontos elhelyezkedését és kiterjedését adott pillanatban a légköri viszonyok határozzák meg, ebből fakadóan a forrásterület térben és időben folyamatosan változik, hosszú távon pedig kirajzolja a toronymérések által mintavételezett területet (Barcza et al., 2009a).

Az említett toronyméréseken kívül repülőgépes méréseket is indítottunk a torony közvetlen környezetében, így nem csupán a légkör alsó kb. 100 m-es tartományából, hanem egészen 3000 m magasságig végezhattünk méréseket. Így képet kaptunk a határréteg, illetve a határréteg feletti légkör szén-dioxid koncentráció profiljáról, ami a szén-dioxid légköri transzportfolyamataiba enged betekintést.

2006 januárjában olyan további gázok (metán, dinitrogén-oxid, kén-hexafluorid) légköri koncentráció-

tők a hegyhátsági mérésekkel, a Biome-BGC adaptálása során a toronymérések eredményeit használtuk fel a modell validálására és kalibrálására (Haszpra, 2011). A modell alapvetően természetes vegetáció szén-dioxid háztartásának szimulálására képes, emiatt módosításokat végeztünk annak érdekében, hogy mezőgazdasági növények szén-dioxid mérlegéről is megbízható információkat kapjunk (Hidy *et al.*, 2012).

Fontosabb eredmények, folyamatban lévő kutatások. A hegyhátsági mérőrendszer sokéves adatai alapján elmond-



1. ábra: A hegyhátsálon folytatott mérések sematikus rajza.

méréseit kezdtük meg, amelyek üvegházhatásuk révén szintén éghajlatváltozást okozhatnak (Haszpra *et al.*, 2008). Megfigyelési munkánk eredményeképpen egy olyan egyedülálló adatbázissal rendelkezünk, amely nem csak hazai vagy európai, de világviszonylatban is egyedi, és nagyon sok különböző kutatási iránynak szolgálhat és szolgál háttérül.

A növényzet szén-dioxid háztartásának műholdas távérzékelésen alapuló vizsgálatai 2007 óta folynak, különös tekintettel a hegyhátsági mérőrendszert körülvevő mezőgazdasági területre. A kisparcellás mezőgazdasági művelés alatt álló terület sajátosságait figyelembe vevő módszertan kidolgozásával sikerült az EK mérőrendszer adataival összhangban becsülni a környező növényzet produktivitását (Barcza *et al.*, 2009a; Haszpra, 2011; Gelybó *et al.*, 2013).

Sokéves mérési tapasztalat alapján kezdtünk bele a növényzet szén-dioxid háztartásának modellezésébe a Biome-BGC nevű korszerű biogeokémiai modell segítségével (Running *et al.*, 1993). A modell a növényi szén-, víz- és nitrogénforgalmat szimulálja, és ez alapján becsli a talaj-növény rendszer különböző tározóiban lévő szén és nitrogén mennyiségét, a tározók közti anyagáramokat, illetve a légkör és az ökológiai rendszer közötti anyagáramot is. Mivel a modell eredményei összevethe-

hatjuk, hogy a környező mezőgazdasági terület éves szinten a légkör szempontjából általában nettó szén-dioxid nyelőként viselkedett, kivéve az átlagosnál melegebb és szárazabb 2001-2003-as időszakban, amikor nettó szén-dioxid kibocsátó volt (Haszpra *et al.*, 2005; Haszpra, 2011).

A mezőgazdasági művelésbe vont területek szén-dioxid mérlegének becslésénél azonban figyelembe kell venni, hogy az aratást követően a levágott növényi részek egy részét vagy egészét elszállítják a vizsgált területről. A teljes szén-dioxid mérleg megfelelő pontosságú becsléséhez legalább megközelítőleg ismernünk kell e horizontális transzport mértékét. A megfigyelt területről kikerült szerves anyag az elszállítás után máshol elbomlik, vagyis bekerül a légkörbe. Következésképp hiába tűnik a hegyhátsági mezőgazdasági terület nettó szén-dioxid nyelőnek a légkör szempontjából, az elszállított szerves anyag mennyiségének figyelembevételével a térség összességében valószínűleg nettó szén-dioxid kibocsátóként viselkedik (Haszpra, 2011).

A mérési eredmények országos szintű kiterjesztéséhez a Biome-BGC modellt használtuk, mely képes kezelni az egyes területekre jellemző eltérő éghajlati és talajszerkezeti sajátosságokat. Az országos szintű modellezés során felhasználtuk az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai

Intézet, a Földmérési és Távérzékelési Intézet, illetve az Országos Meteorológiai Szolgálat adatbázisait. Négy alapvető növényborítottság-kategóriát definiáltunk (gyepek, szántóföldek, lombhullató, illetve tűlevelű erdők), melyek esetén a szén-dioxid áramok lényegesen eltérnek egymástól. Szántóföldek és gyepek esetén a hegyhátsági mérések alapján kalibrált modellt használtuk (Barcza et al., 2009b). A modellszámítások eredménye szerint a hazai bioszféra nettó szén-dioxid kibocsátó, ami elsősorban az aktív művelés alatt álló területeknek köszönhető.

A hazai szén-dioxid mérleg pontosabb leírása érdekében tervezzük a Biome-BGC további fejlesztését, elsősorban a szántóföldi növényekhez kapcsolódó biogeokémiai folyamatok leírásának pontosítása érdekében. A modellezéssel kapcsolatos munkánk során vizsgálni fogjuk az éghajlatváltozás szén-dioxid mérlegre gyakorolt lehetséges hatásait is, valamint választ keresünk arra a kérdésre, vajon vannak-e olyan alternatív mezőgazdasági művelési módok, melyekkel többlet szén-dioxid megkötés érhető el. A fentieken túl továbbfejlesztett műholdas technikák alkalmazásával is becsülni fogjuk a mezőgazdasági növények szén-dioxid mérlegét.

A Springer kiadó felkérésére 2010-ben elkészült egy, a magyarországi üvegházhatású gázokkal kapcsolatos kutatási eredményeket összefoglaló kötet (Haszpra, 2011). A könyv 13. fejezetében a hegyhátsági mérések tapasztalataira építve a bioszféra vonatkozó teljes országos üvegházgáz mérleget becsültünk több különböző módszer (köztük távérzékelésen és a Biome-BGC modellen alapuló becslések) szintézisével.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmányban ismertetett mérések anyagi támogatást kaptak az Országos Tudományos Kutatási Alaptól (KTIA-OTKA-A08-CK77550, K104816), továbbá az Európai Unió 7 K+F Keretprogramjától (EU contract No. 244122). A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg (a támogatás száma TÁMOP 4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0003).

Irodalom

Baldocchi, D.D., Falge, E., Gu, L., Olson, R., Hollinger, D., Running, S., Anthoni, P., Bernhofer, Ch., Davis, K., Fuentes, J., Goldstein, A., Katul, G., Law, B., Lee, X., Malhi, Y., Meyers, T., Munger, J.W., Oechel, W., Pilegaard, K., Schmid, H.P., Valentini, R., Verma, S., Vesala, T., Wilson, K. and Wofsy, S., 2001. FLUXNET: A new tool to study the temporal and spatial variability of ecosystem-scale carbon dioxide, water vapor and energy flux densities. *Bulletin of the American Meteorological Society* 82, 2415–2435.

Baldocchi, D.D., 2003. Assessing the eddy covariance technique for evaluating carbon dioxide exchange rates of ecosystems: past, present and future. *Global Change Biology* 9, 479–492.

Barcza, Z., Kern, A., Haszpra, L., Kljun, N., 2009a. Spatial representativeness of tall tower eddy covariance measurements using remote sensing and footprint analysis. *Agricultural and Forest Meteorology* 149, 795–807. doi: 10.1016/j.agrformet.2008.10.021

Barcza, Z., Haszpra, L., Somogyi, Z., Hidy, D., Lovas, K., Churkina, G. and Horváth, L., 2009b. Estimation of the biospheric carbon dioxide balance of Hungary using the BIOME-BGC model. *Időjárás* 113, 203–219.

Friedlingstein, P., Prentice, I., 2010. Carbon–climate feedbacks: a review of model and observation based estimates. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2, 251–257. doi: 10.1016/j.cosust.2010.06.002

Gelybő, Gy., Barcza, Z., Kern, A. and Kljun, N., 2013. Effect of spatial heterogeneity on the validation of remote sensing based GPP estimations. *Agricultural and Forest Meteorology* 174–175, 43–53. doi: 10.1016/j.cosust.2010.06.002.

Haszpra, L., 1999. Measurement of atmospheric carbon dioxide at a low elevation rural site in Central Europe. *Időjárás* 103, 93–106.

Haszpra, L., Barcza, Z., Davis, K. J. and Tarczay, K., 2005. Long-term tall tower carbon dioxide flux monitoring over an area of mixed vegetation. *Agricultural and Forest Meteorology* 132, 58–77. doi: 10.1016/j.agrformet.2005.07.002

Haszpra, L., Barcza, Z., Hidy, D., Szilágyi, I., Dlugokencky, E. and Tans, P., 2008. Trends and temporal variations of major greenhouse gases at a rural site in Central Europe. *Atmospheric Environment* 42, 8707–8716. doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.09.012

Haszpra, L. (ed.), 2011. Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective. *Springer, Dordrecht - Heidelberg - London - New York*. ISBN 978-90-481-9949-5, e-ISBN 978-90-481-9950-1, doi: 10.1007/978-90-481-9950-1

Hidy, D., Barcza, Z., Haszpra, L., Churkina, G., Pintér, K., and Nagy, Z., 2012. Development of the Biome-BGC model for simulation of managed herbaceous ecosystems. *Ecological Modelling* 226, 99–119. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2011.11.008

IPCC, 2007. Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds.: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), *Cambridge, United Kingdom and New York. Cambridge University Press*, NY, USA.

Running, S.W. and Hunt, E.R.J., 1993. Generalization of a forest ecosystem process model for other biomes, Biome-BGC, and an application for global-scale models. In: Scaling physiological processes: leaf to globe (Eds.: Ehleringer, J. R., Field, C. B.). San Diego (CA): *Academic Press*. pp. 141–158.

Schulze, E.D., Luyssaert, S., Ciais, P., Freibauer, A., Janssens, I.A., Soussana, J.F., Smith, P., Grace, J., Levin, I., Thiruchittampalam, B., Heimann, M., Dolman, A.J., Valentini, R., Bousquet, P., Peylin, P., Peters, W., Rödenbeck, C., Etiope, G., Vuichard, N., Wattenbach, M., Nabuurs, G.J., Poussi, Z., Nieschulze, J., Gash, J.H. and CarboEurope Team, 2009. Importance of methane and nitrous oxide for Europe's terrestrial greenhouse-gas balance. *Nature Geoscience* 2, 842–850. doi: 10.1038/ngeo686

REGIONÁLIS KLÍMAMODELLEK ADAPTÁCIÓJA, PARAMETRIZÁCIÓS KÍSÉRLETEI A KÁRPÁT-MEDENCE TÉRSÉGÉRE

ADAPTATION AND SIMULATIONS OF REGIONAL CLIMATE MODELS FOR THE CARPATHIAN BASIN

Bartholy Judit, Pongrácz Rita, Práger Tamás, Pieczka Ildikó, Torma Csaba, Kelemen Fanni

ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.
 bartholy@elte.hu, prita@elte.hu, prager@nimbus.elte.hu, pieczka@nimbus.elte.hu, csabi_t@hotmail.com,
 fannikelemen@hotmail.com

Összefoglalás: Az elmúlt évtized során a PRECIS (25 km felbontású) és a RegCM (10 km felbontású) regionális klíma-modell adaptációját és szimulációit végeztük el. Az eredmények alapján lehetőség van térségünk XXI. századra várható klímaváltozásának részletes elemzésére, mely alapvető kiindulási információként segíti a hatásvizsgálatok kutatóit.

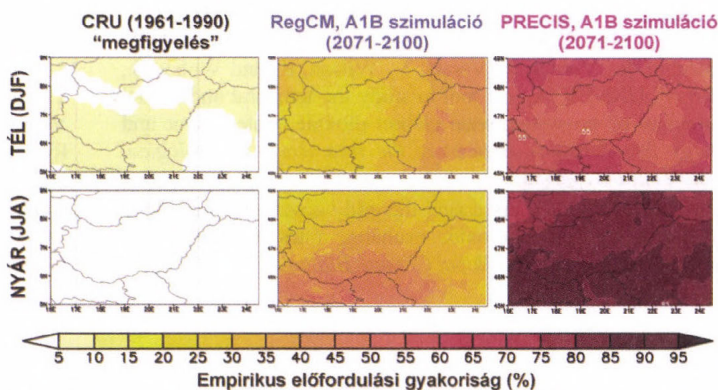
Abstract: During the past decade, regional climate models PRECIS and RegCM were adapted and several simulation experiments were accomplished using 25 km and 10 km horizontal resolution, respectively. Our results are used for analyzing the 21st century climate change projected for the Carpathian Basin, and provide essential input information for impact studies.

A meteorológiai mérések egyértelműen bizonyítják, hogy a földi klíma melegebbé vált az elmúlt másfél évszázadban. Ennek hátterében valószínűsíthető, hogy az üvegházhatású gázok antropogén eredetű kibocsátásának növekedése áll. A 2007-es IPCC-jelentésben közölt modell-szimulációk szerint több fokos globális melegedésre számíthatunk az évszázad végére. A jelenlegi globális modellekkel lehetetlen regionális térszálán is megfelelő pontosságú becsléseket készíteni. Egyrészt azért, mert e modellek területi felbontása általában durva, gyakran 150–250 km, ami azt jelenti, hogy egész Magyarországra mindössze néhány rácpont esik. Másrészt e közelítés nem tartalmazza a felszín s a domborzat kellően részletes adatait. A dinamikus közelítés keretein belül elsőként *Giorgi* (1990) és munkatársai fejlesztették ki az ún. beágyazott modellekkel való szimulációt. Ennek lényege, hogy a globális modellek eredményeit bemenő paraméterként felhasználva korlátozott tartományú regionális modelleket futtatunk, melyek felbontása akár 10–25 km is lehet, s ez lehetővé teszi kisebb régiók pontosabb éghajlati leírását is.

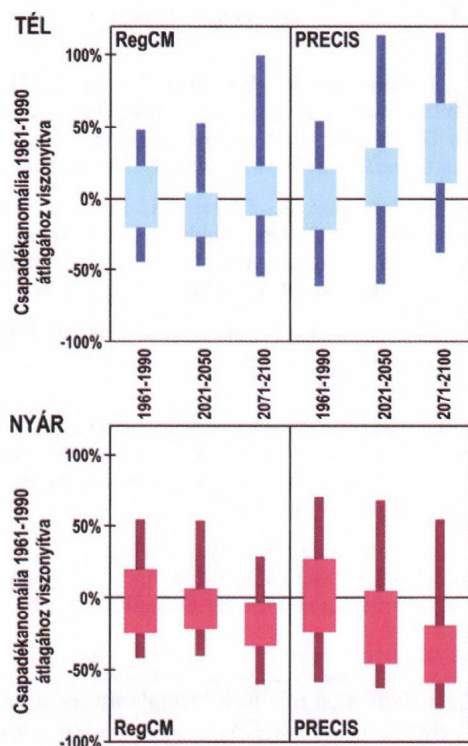
Az elmúlt évtized során két regionális klíma-modellt adaptáltunk az ELTE Meteorológiai Tanszéken (*Pongrácz et al.*, 2011), melyekkel számos modellszimulációt végeztünk. (Ezzel párhuzamosan az Országos Meteorológiai Szolgálatnál is folytak hasonló kísérletek, melyek közös értékelése folyamatban van.) Az eredmények felhasználásával lehetőség nyílik, hogy becslést adjunk a XXI. századra várható éghajlatváltozás tendenciáira és számszerűsítsük azok bizonytalanságát a Kárpát-medence térségében.

Az egyik adaptált modell a RegCM hidrosztatikus modell, mely jelenleg a trieszti Elméleti Fizikai Kutatóintézetben (ICTP) keresztül hozzáférhető. A tanszéki kutatásokra a CECILIA (Central and Eastern Europe Climate Change Impact and Vulnerability Assessment) Európai Unió projekt keretében került sor, melynek során 18 vertikális szint alkalmazásával 10 km-es horizontális felbontású futtatásokat végeztünk a Kárpát-medence térségére (*Torma et al.*, 2008, 2011). A RegCM modell felhasználásával az A1B szcenáriót vizsgáltuk az 1961–1990, 2021–2050 és 2071–2100 közötti időszakok alapján, melyekhez a hamburgi ECHAM5 globális modell szolgáltatja a kezdeti- és a peremfeltételeket.

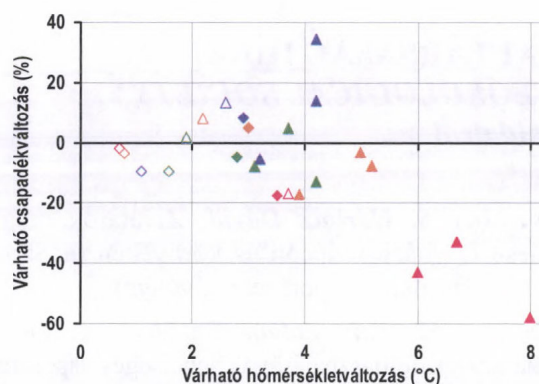
A másik tanszéki modell a PRECIS regionális klíma-modell (*Wilson et al.*, 2007), melyet a Brit Meteorológiai Szolgálat Hadley Központjában fejlesztettek ki a HadCM3 globális klíma-modellbe beágyazva. Az általunk alkalmazott horizontális rácsfelbontás 25 km, s vertikáli-



1. ábra: A 4 °C-nál nagyobb havi hőmérsékleti anomáliák előfordulási gyakorisága télen és nyáron.



2. ábra: A téli és a nyári csapadék várható változása a 2021–2050 és a 2071–2100 időszakra (az 1961–1990 referencia időszakhoz viszonyítva). A vastag vonalak végpontjai az adott 30 éves időszakban valószínűsíthető szélsőségeket jelzik, a dobozok fedlapjai pedig az alsó és felső kvartiliseket mutatják.



3. ábra: A XXI. századra Magyarországra várható éghajlatváltozás (referencia időszak: 1961–1990). A RegCM-szimulációk eredményeit rombuszok, a PRECIS-szimulációk eredményeit háromszögek mutatják. Üres szimbólumokkal jelöltük a 2021–2050-re, s beszínezett szimbólumokkal a 2071–2100-ra várható változásokat. A tavaszra, nyárra, őszre és télre valószínűsíthető regionális klímaváltozást rendre zöld, piros, sárga és kék szín jelzi.

san 19 szinttel számoltunk (Bartholy et al., 2006). A 2071–2100 időszakra két futtatást végeztünk el (Bartholy et al., 2009a, Pieczka et al., 2009): az A2, illetve a B2 forgatókönyv figyelembevételével. Ezeken kívül elkészült az A1B szcenárió vizsgálata egy 1951–2100 időszakra vonatkozó tranziens szimuláció alapján. A vizsgált szcenáriók közül az A2 szcenárióhoz társul a legmagasabb

becsült századvégi CO_2 -koncentráció (856 ppm), ezt követi az A1B (717 ppm), s végül a legalacsonyabb koncentráció szint (621 ppm) a B2 esetén várható.

A RegCM, illetve a PRECIS eredményei alapján készített elemzéseink számos korábbi publikációnkban (pl.: Bartholy et al., 2009b) részletesen megtalálhatók, itt csupán néhány példát mutatunk be, amelyek a téli, illetve a nyári hónapokra várható változásokat emelik ki. A vizsgálat során minden rácspontra meghatároztuk, hogy a szimulált hőmérsékleti idősorok alapján a referencia-időszak (1961–1990) havi átlagaitól vett eltérés milyen gyakorisággal fog meghaladni bizonyos küszöbértékeket a jövőben. A kapott eredményeket évszakos bontásban, térképes formában ábrázoltuk. A szimulált mezőkből meghatározott információt ki egészítettük a referencia időszak havi anomáliáit figyelembe vevő évszakos térbeli eloszlást illusztráló térképekkel. Itt most területi okokból csak egy kiválasztott küszöbérték elemzését mutatjuk be a téli és a nyári hónapokra. Az 1. ábra tartalmazza a $+4^\circ\text{C}$ -nál nagyobb hőmérsékleti anomáliák előfordulási valószínűségének évszakos területi eloszlását a közelmúlt (1961–1990) klimatikus viszonyai mellett, valamint a 2071–2100 jövőbeli időszakra az A1B szcenárió figyelembevételével.

A XX. század végén a téli hónapokban a $+4^\circ\text{C}$ -ot meghaladó pozitív anomáliák a teljes időszak 5–10%-ában fordultak csupán elő, nyáron pedig egyáltalán nem. A szimulációk alapján mind télen, mind nyáron egyértelmű a pozitív hőmérsékleti anomáliák XXI. század végére várható gyakoriságnövekedése mindkét modell esetén. Kisebbszámú növekedés várható a RegCM-szimuláció szerint: télen 20–35%, nyáron 25–45% az 1961–1990 időszak átlagát $+4^\circ\text{C}$ -kal meghaladó anomáliák valószínűsíthető gyakorisága. A PRECIS modell szerint a század végére jelentősebb lesz a múltbeli átlagos hőmérsékletnél legalább $+4^\circ\text{C}$ -kal magasabb havi átlaghőmérsékletek előfordulási gyakorisága (télen 50–60%, nyáron 75–90%).

A 2. ábrán a XXI. század közepére és végére várható csapadékváltozást foglaljuk össze az 1961–1990 referencia időszakhoz viszonyítva. Kékkel a téli csapadék, pirossal a nyári csapadék becsült változását jelenítjük meg Box-Whisker diagramok formájában. Mindkét modellszimuláció esetén egyértelműen megjelenik a nyári szárazodó tendencia, mely nagyobb mértékű a PRECIS modell esetén. Ugyancsak a PRECIS-szimulációnál jelentkezik a téli csapadék várható növekedése.

A 3. ábrán együttesen mutatjuk be a hőmérséklet és a csapadék valószínűsíthető évszakos változásait, melyet a magyarországi rácspontok átlagával reprezentálunk. Az ábra jobb alsó sarkában megjelenő nagymértékű melegedést és szárazodást jelző szimulációk a századvégi nyarakra vonatkoznak. Eredményeink alapján összességében véve enyhébb, csapadékosabb telekre

számíthatunk. A többi évszakra is melegedő trend várható, ám a csapadéokra vonatkozó becslések legnagyobb hányada statisztikailag nem szignifikáns.

Az itt bemutatott szimulációk eredményeit már széles körben alkalmazzák a felhasználók a hazai hatásvizsgálatokhoz. Ezzel párhuzamosan a tanszéken folyamatosan bekapcsolódunk a nemzetközi modellfejlesztésekbe, elvégezzük az újabb modellverziók hazai adaptációját és a régiókra vonatkozó modellszimulációkat.

Köszönetnyilvánítás

Kutatásainkat támogatta az Európai Unió és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával az „Európai Léptékel a Tudásért, ELTE-TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0003. A felsőoktatás minőségének javítása a kutatás-fejlesztés-innováció-oktatás fejlesztésén keresztül” pályázat, az OTKA K-78125 számú pályázata, a FuturCT.hu TÁMOP 4.2.2.C-11/KONV-2012-0013, a KMR_12-1-2012 és a GOP-1.1.1-11-2012-0164 kutatási pályázatok, valamint az EU VI. keretprogram CECILIA projektje (GOCE-037005).

Irodalom

Bartholy J., Pongrácz R., Torma Cs., Hunyady A., 2006: A PRECIS regionális klímamodell és adaptálása az ELTE Meteorológiai Tanszéken. In: 31. Meteorológiai Tudományos Napok – Az éghajlat regionális módosulásának objektív becslését megalapozó klímadinamikai kutatások. (Szerk.: Weid-

inger T.) Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. 99–114.

Bartholy, J., Pongrácz, R., Pieczka, I., Kardos, P., Hunyady, A., 2009a: Analysis of expected climate change in the Carpathian Basin using a dynamical climate model. *Lecture Notes in Computer Science* 5434, 176–183.

Bartholy, J., Pongrácz, R., Torma, Cs., Pieczka, I., Kardos, P., Hunyady, A., 2009b: Analysis of regional climate change modelling experiments for the Carpathian Basin. *International Journal of Global Warming* 1, 238–252.

Giorgi, F., 1990: Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model. *Journal of Climate* 3, 941–963.

Pieczka, I., Bartholy, J., Pongrácz, R., Hunyady, A., 2009: Climate change scenarios for Hungary based on numerical simulations with a dynamical climate model. *Lecture Notes in Computer Science* 5910, 613–620.

Torma, Cs., Bartholy, J., Pongrácz, R., Barcza, Z., Coppola, E., Giorgi, F., 2008: Adaptation and validation of the RegCM3 climate model for the Carpathian Basin. *Időjárás* 112, 233–247.

Torma, Cs., Coppola, E., Giorgi, F., Bartholy, J., Pongrácz, R., 2011: Validation of a high resolution version of the regional climate model RegCM3 over the Carpathian Basin. *Journal of Hydrometeorology* 12, 84–100.

Wilson, S., Hassell, D., Hein, D., Jones, R., Taylor, R., 2007: *Installing and using the Hadley Centre regional climate modelling system, PRECIS. Version 1.5.1.* Exeter:UK Met Office Hadley Centre.

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI NEWS OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SOCIETY folytatás a 188. oldalról

Június 29. Bodó Barna: Local values and local communities in Temesvár (Timișoara) region; **Ioana Ionel:** Air quality in Timișoara – a continuous challenge; **Makra László:** Diurnal, weekly and annual cycles of air pollutant levels in Szeged (a Szegedi Csoport rendezvénye)

2012. július 3-án együttműködési megállapodást írt alá a Magyar Meteorológiai Társaság és a Magyarhoni Földtani Társulat. Az együttműködés hosszú távú célja a földtudományi szakterületeken önállóan működő tudományos egyesületek és civil szervezetek új szövetségének létrehozása, „Földtudományi Szövetség” néven.

Október 18. Ötvös Pál: A vízenergia hasznosításának helyzete és lehetőségei Magyarországon (a Nap- és Szélenergia Szakosztály rendezvénye); **Németh Ákos:** Turisztikai klimatológia: Az időjárás és az éghajlat, mint a turizmus kulcstényezője? (a Nyíregyházi Területi Csoport rendezvénye)

November 6. Hérincs Dávid: Zivatarok megfigyelése Egyházaskrócon és környékén (a Szombathelyi Területi Csoport rendezvénye)

November 12. Tuba Zoltán: Repülésmeteorológiai klíma adatok felhasználásának lehetséges aspektusai pilóta nélküli repülőeszközök (UAV-k) meteorológiai támogatásában (a Repülésmeteorológiai Szakosztály rendezvénye)

November 13. Tóth Zsombor: Az ismeretlen „szomszéd” (a Szombathelyi Területi Csoport rendezvénye)

November 14. Németh Ákos: Az időjárás és az éghajlat jelentősége az idegenforgalomban (a Pécsi Területi Csoport rendezvénye)

November 20. Lakotár Katalin: A Muszlatól az Aranyszarv-öbölhöz (a Szombathelyi Területi Csoport rendezvénye)

befejezés a 143. oldalon

HAZÁNK SZÉLKLÍMÁJA, A SZÉLENERGIA HASZNOSÍTÁSA: MÚLT, JELEN, JÖVŐ

WIND CLIMATE OF OUR LAND, EXPLOITATION OF WIND ENERGY: PAST, PRESENT, FUTURE

Bartholy Judit¹, Radics Kornélia^{1,2}, Péliné Németh Csilla^{1,2}

¹ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.

²MH Geoinformációs Szolgálat, 1024 Budapest, Szilágyi E. fasor 7–9.

bartholy@elte.hu, radics.kornelia@mil.hu, pelinenemeth.csilla@mhtehi.gov.hu

Összefoglalás: Napjainkban, amikor már elfogadott ténynek tekinthető, hogy az emberi tevékenység befolyásolja a Föld éghajlatának alakulását, megnövekedett az igény a klímaváltozás globális és regionális hatásainak elemzésére, következményeinek becslésére. Az egyes meteorológiai paraméterek átlagos értékeinek elmozdulása mellett kiemelt figyelmet igényel a szélsőséges időjárási és éghajlati események esetleges gyakoriságváltozása is. Az 1990-es években megkezdett hazai szélenergetikai vizsgálatokból még hiányozó szélsőérték-vizsgálatok és tendenciaelemzések (melyek a szél erőművek optimális elhelyezését szolgálják) is nélkülözhetetlenek a várható energiatermelés becsléséhez. Ezért az ELTE Meteorológiai Tanszékén közel húsz éve elindult szélklimatológiai kutatások egyik fő célja a regionális szélklíma átlagos értékeinek, szélsőségeinek és tendenciáinak részletes elemzése volt.

Abstract: One of the most important effects of climate variability and climate change may come from changes in the intensity and frequency of climatic extremes. As a respond to the need of new climatologic analyses complex wind field research was carried out on clarifying the possible changes of wind characteristics in the country. The aim of the research started at the Meteorological Department, Eötvös Loránd University almost two decades ago was to study and provide reliable information about the state and variability of wind climate in Hungary.

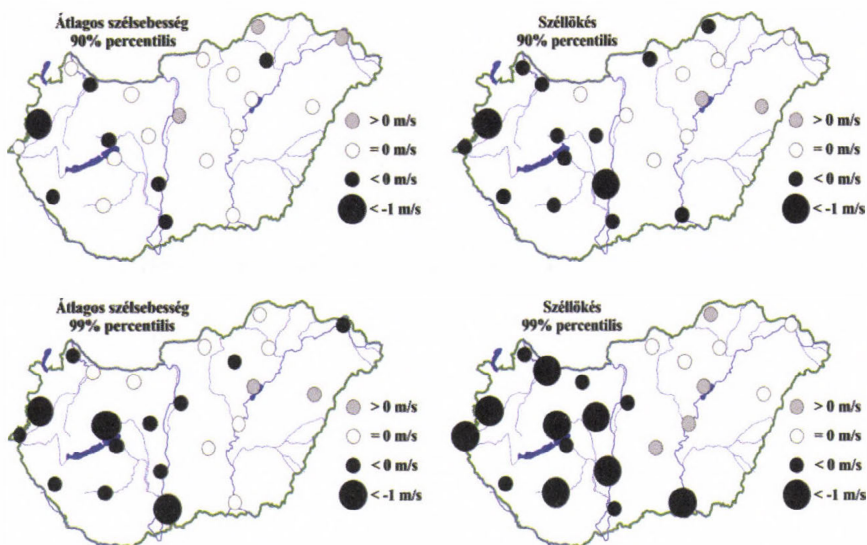
Az elmúlt évszázadok során robbanásszerűen megnövekedett energiafelhasználás minden igényt kielégítő biztosítása napjainkban jelentős környezetterhelést okoz. A folyamatos gazdasági növekedést és – ezzel párhuzamosan – a környezetünkre gyakorolt káros hatások mérséklését jelenlegi tudásunk szerint csupán az egy főre jutó energiafelhasználás jelentős csökkentésével és a megújuló energiaforrások (így például a szélenergia) egyre nagyobb mértékű felhasználásával érhetjük el.

A potenciális szélenergia regionális változékonyságának becslése során a természetes felszínek, így a domborzat és az érdesség áramlásmódosító hatásának becslését a dán fejlesztésű Wind Atlas Analysis and Application Program (WAsP) felhasználásával végeztük. A WAsP a mért szél-adatok horizontális és vertikális extrapolációjára szolgáló, Jackson és Hunt elméletére alapozott, lineáris, spektrális modell (Mortensen et al., 1993), melynek alkalmazásával készült az Európai szélatlász (Troen és Petersen, 1989) is. Svédországi mérési adatsorok felhasználásával feltártuk a WAsP modellezési korlátjait (Bartholy és Radics, 2001; Radics, 2004), majd a hegyhátsági toronymérés négy szinten (10 m-en, 48 m-en, 82 m-en és 115 m-en) mért széladatainak segítségével igazoltuk a WAsP modell hazai adaptálhatóságát. Így lehetőség nyílt a modellezési eredmények verifikálására. A széladatok horizontális és vertikális extrapolációjára esettanulmányokat végeztünk (Radics és Bartholy, 2002; Bartholy et al., 2003), továbbá a domborzat és az érdesség áramlásmódosító hatását ele-

meztük azzal a céllal, hogy megismerjük a rendelkezésre álló szélmező legfontosabb sajátosságait. A szélenergetikai kutatások befejező részében az ország egész területére modelleztük és megszerkesztettük az átlagos szélesebességet és a rendelkezésre álló szélenergiát ábrázoló térképeket (Radics, 2004).

Magyarországon a potenciális készletek megbízható becsléseinek hiánya is nehezíti a szélenergia hasznosítását. E becslések csupán abban az esetben készíthetők el, ha megfelelő minőségű, egységes, homogenizált mérési adatsor áll rendelkezésre. Kutatásaink során a hazai szinoptikus meteorológiai állomások (36 mérőhely) jelenleg 36 éves (1975–2010) adatsorainak szélenergetikai szempontú komplex statisztikai elemzését végeztük el. Az adatsorokra vonatkozó minőségi és mennyiségi ellenőrzés, majd a homogenizációs és adatkorrekciós feladatok megoldása után – a globális klímaváltozás regionális hatásainak becslése céljából – átfogóan elemeztük a szélmező klimatológiai szempontból lényeges átlagos és szélsőértékeit (Radics és Bartholy, 2008). Az órák szélesebesség, szélirány és szélőkés adatokat tartalmazó idősor felhasználásával becsültük a szélklíma legfontosabb paramétereinek és szélsőértékeinek évek közötti változékonyságát, azok térbeli és időbeli tendenciáit (Radics et al., 2010).

A regionális skálán várható éghajlatváltozás is befolyásolhatja hazánk szélklímáját, illetve az extrémumok előfordulásának gyakoriságait. Ezért kutatásaink következő szaka-



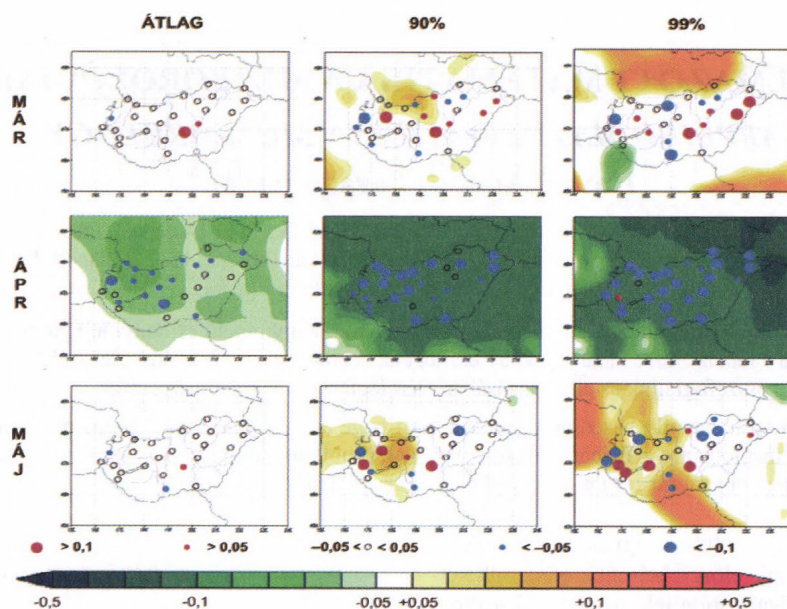
1. ábra: Az átlagos szélsébségre és a szélhőkésre vonatkozó percentilis értékek (90%, 99%) tendenciájának (1997–2007) területi eloszlása hazánkban.

szában a sem térben, sem időben nem homogén, pontszerűen mért állomásadatok és az ERA40, valamint az ERA Interim adatbázis által rendelkezésre álló homogén reanalízis mezők összehasonlítását végeztük el. Vizsgálataink során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a térben és időben hiányos szélmérési adatsorokat helyettesíthetjük-e a hiánymentesen rendelkezésre álló, s számos nemzetközi forrás által minőséginek értékelt reanalízis idősorokkal (Radics *et al.*, 2010; Péliné *et al.*, 2011). Ennek ismeretében meghatározható, hogy a XXI. század közepére, végére készült modellszimulációk mennyire alkalmazhatóak a regionális szélklíma tendenciáinak, illetve a – változó klimatikus viszonyokkal együttesen módosuló – megújuló energiaforrások potenciáljának becslésére.

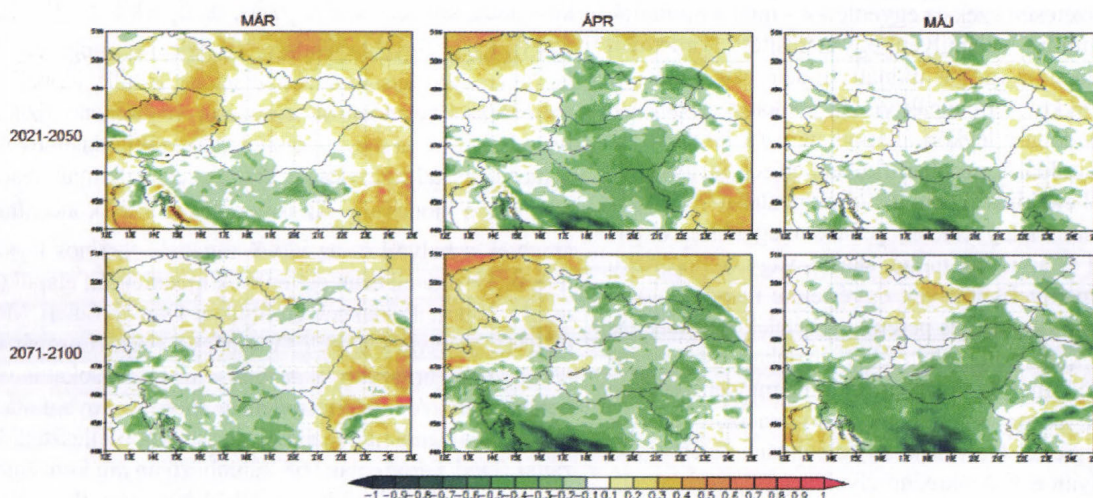
Kutatásunk befejező részében az ECHAM regionális klímamodell segítségével elemeztük a Kárpát-medence szélklímájának XXI. század során várható változásait. A közeli és távoli jövőre (2021–2050 és 2071–2100) vonatkozóan becsültük a szélsőértékek átlagos és extrém értékeit. A terjedelmi korlátok miatt az alábbiakban csupán néhány példát kiragadva mutatjuk be a közel két évtizede folyó kutatás legfontosabb eredményeit.

- Hazánk az európai szélosztályozás kategóriáit követve mérsékelt szél tartományba sorolható, s az átlagos és maximális szélsébség nagy térbeli változékonyságot mutat. Az uralkodó szélirány relatív gyakorisága alacsony. A szélsébség időszakok aránya néhány térségben kifejezetten magas értéket vesz fel.
- Szélklímánk az év során kiegyenlítettnak mondható. Az ország területén belül viszont jelentős eltérések mutatkoznak a szélsőértékek előfordulásának gyakoriságában, azok területi eloszlása azonban jól követi az átlagos szélsébségi mezőt.

- Az átlagos szélsébség 90%-os percentilise az ország jelentős részén időben (1997–2007) változatlan értéket vesz fel (1. ábra). A vizsgált percentilis értékének növelésével (99%) az ország egyre nagyobb területén jelenik meg csökkenő tendencia. A percentilis érték növelésével a csökkenés mértéke is jelentősen nő. Minden esetben kirajzolódik a Dunántúlra és az alföldi régiókra jellemző eltérő viselkedés. Míg a dunántúli területeken a szélsőértékek általában csökkenő tendenciát mutatnak, addig az Alföld jelentős részén nem mutatható ki a percentilis értékek időbeli változása, vagy azok növekedése jelenik meg.
- Az ERA Interim és a meteorológiai állomások szélsébség-adataiból meghatározott havi átlag- és szélsőértékek időbeli változásának (1997–2010) területi eloszlása jó egyezést mutat (2. ábra). Mindkét adatbázis esetén szinte az ország teljes területét lefedő jelentős mértékű csökkenés jellemzi – hazánk korábbi klímavizsgálataiban az egyik legszelesebbnek ítélt hónapot – áprilist.
- A potenciális szélenergia becsléséhez a magyarországi mért állomási adatok mellett eredményesen alkalmazható a pontosabb területi lefedettséget biztosító ERA-40 és ERA Interim reanalízis adatbázis is (Radics *et al.*, 2010; Péliné *et al.*, 2011).
- Az ECHAM regionális klímamodell szimulációi alapján a tavaszi hónapok átlagos szélsébség-értékeinek közeljövőben (2021–2050) várható területi eloszlása emlékeztet az elmúlt évtizedben már megfigyelt tendenciákra (3. ábra). Míg a dunántúli területeken a szélsébség nagymértékű csökkenése valószínűsíthető márciusban, addig az Alföld jelentős részén az átlagos szélértékek növekedése várható a modellfuttatások értelmében. Áprilisban a csökkenő tendencia dominál.



2. ábra: A szélsősebesség évenkénti havi átlagaira és percentiliseire (90% és 99%) illesztett lineáris trend együttható alakulása 1997-2010 időszakban. A területi színezés az ERA Interim reanalízis szélsősebességmezőiből számított tendenciákat, a körök hazai szinoptikus állomások szélsősebesség idősorainak tendenciáit mutatják.



3. ábra: Az ECHAM regionális klímamodell alapján a medián értékek várható változásai [m/s] a tavaszi hónapokban a referencia időszakhoz képest (1961-1990).

Irodalom

- Bartholy, J., Radics, K., 2001: Selected wind characteristics and potential use of wind energy in Hungary. Part I. *Időjárás* 105, 109–126.
- Bartholy, J., Radics, K., Bohoczky, F., 2003: Present state of wind energy utilisation in Hungary: policy, wind climate, and modelling studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 7, 175–186.
- Mortensen, N.G., Landsberg, L., Troen, I., Petersen, E.L., 1993: *Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP)*. Risø Nat. Labs, Roskilde, Denmark, 126p.
- Péliné, N. Cs., Radics, K., Bartholy, J., 2011: Seasonal variability of wind climate in Hungary. *Acta Silv. Lign. Hung.* 7, 39–48.
- Radics K., 2004: A szélenergia hasznosításának lehetőségei Magyarországon: hazánk szélklímája, a rendelkezésre álló szélenergia becslése és modellezése. *Doktori értekezés*, ELTE Meteorológiai Tanszék, 137p.
- Radics, K., Bartholy, J., 2002: Selected wind characteristics and potential use of wind energy in Hungary. Part II. *Időjárás* 106, 59–74.
- Radics, K., Bartholy, J., 2008: Estimating and modelling the wind resource of Hungary. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12, 874–882.
- Radics K., Bartholy J., Péliné N. Cs., 2008: A szélmező átlagos és extrém értékeinek térbeli és időbeli változása hazánkban. *EU Szélnap kötet*, Debrecen.
- Radics, K., Bartholy, J., Péliné, N.Cs., 2010: Regional tendencies of extreme wind characteristics in Hungary. *Advances in Science and Research* 4, 43–46.
- Troen, I., Petersen, L., 1989: *European Wind Atlas*. Risø Nat. Labs, Roskilde, Denmark, 656p.

ALKALMAZOTT MATEMATIKA A METEOROLÓGIÁBAN

APPLIED MATHEMATICS IN METEOROLOGY

Havasi Ágnes¹, Faragó István²¹ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.²ELTE TTK Matematika Intézet, Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.

hagi@nimbus.elte.hu, faragois@cs.elte.hu

Összefoglalás: A meteorológiai folyamatok előrejelzése során gyakran nagyméretű és bonyolult parciális differenciálegyenlet-rendszerek megoldása a feladat. Erre kínál hatékony eszközt az operátorszeletelés módszere. A dolgozatban ismertetjük az operátorszeletelés elvét és összefoglaljuk az alkalmazásában elért legfontosabb eredményeinket.

Abstract: Weather forecast is usually based on the solution of huge and complicated systems of partial differential equations. Operator splitting methods are efficient tools to solve such problems. In this paper we present the principle of operator splitting and summarize our major results achieved during its applications.

Bevezetés. A légköri folyamatok megismeréséhez és a légkörben lejáráó változások előrejelzéséhez elengedhetetlenül fontosak a matematikai modellek, azon belül a dinamikai légkörmodellek. Ezek olyan egyenletek megoldásán alapulnak, amelyek a légkör viselkedését meghatározó fizikai törvényeket fejezik ki matematikai formában, elsősorban parciális differenciálegyenletek alakjában (Práger, 1992). Természetesen ezek az egyenletek – mint a modellek általában – mindig valamilyen egyszerűsítést hordoznak magukban. Ezért, ha meg is tudnánk oldani őket tökéletes pontossággal, akkor sem adnák vissza pontosan és minden részletre kiterjedően a légköri állapotváltozások értékeit. Az egyenletek megoldását azonban (kevés, erősen leegyszerűsített modelltől eltekintve) nem is tudjuk pontosan meghatározni. A differenciálegyenletek pontos megoldásai a térkoordinátáktól és az időtől függő, skalár- vagy vektorértékű folytonos függvények, amelyek egyértelmű megoldhatóságához kiegészítő (kezdeti és perem-) feltételek megadása is szükséges. A kiegészítő feltételeket általában csak véges számú pontban ismerjük, azonban még ha minden pontban adva volnának, akkor sem tudnánk a differenciálegyenletek megoldását képlettel (zárt alakban) előállítani. Ezért szükségünk van olyan eszközökre, amelyek segítségével közelítő megoldást tudunk adni a kitűzött feladatra. A közelítő megoldás előállításához a feladatot először diszkrétizáljuk, azaz a modelltartományon definiálunk egy tér- és időbeli rácshálósorozatot, majd a folytonos feladatot diszkrét feladatok sorozatával helyettesítjük. A diszkrét feladatok megoldásai olyan függvények, amelyek a rácsháló pontjaiban vannak értelmezve. Célunk az, hogy elegendően finom rácsháló esetén a diszkrét feladat megoldása megfelelően közel kerüljön a folytonos feladat megoldásához. Ebben a rövid írásunkban a nyomanyagszállítási egyenletrendszer példáján sorra vesszük a numerikus megoldás során felmerülő főbb nehézségeket, és bemutatunk egy hatékony eszközt ezek megoldására: az operátorszeletelés módszerét.

A légköri folyamatok numerikus modellezésének nehézségei. Annak illusztrálására, hogy milyen nehézségekkel állunk szemben, tekintsük a szennyezőanyagok légköri terjedési és átalakulási folyamatait leíró egyenletrendszert:

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = -\nabla(\vec{u}c_i) + \nabla(K\nabla c_i) - \sigma_i c_i + R_i(c_1, \dots, c_m) + E_i.$$

Itt $i = 1, 2, \dots, m$, ahol m jelöli az anyagfajták számát, $\vec{u}$ a szélsősebességvektor, K a turbulens diffúziós együttható, σ_i az ülepedési sebesség, R_i a kémiai reakciók során bekövetkező koncentrációváltozás, és E_i a kibocsátás (Zlatev, 1995). Ez az egyenletrendszer azt fejezi ki, hogy egy kiválasztott anyagfajta koncentrációjának lokális időbeli megváltozását alapvetően öt, egyszerre végbemenő fizikai folyamat határozza meg: a széllal való szállítódás (advekción), a turbulens átkeveredés, a kiülepedés, a kémiai reakciók, valamint a kibocsátás. Az ismeretlenek a c_i koncentrációk, amelyek a helytől és az időtől függenek. Számos légszennyeződési modell ezen egyenletek megoldásán alapul (Bozó et al., 2006). Példaként említjük a Dániai Euleri Modellt (DEM), amelynek térbeli tartománya egész Európát lefedi (1. ábra), és hosszabb, akár több éves futtatásokat is végezhetünk vele. A modellel jelenleg $m = 56$ anyagfajta koncentrációja tanulmányozható, de a továbbfejlesztett változattal (UNI-DEM) már 168 különböző anyag koncentrációját modellezhetjük. Egy, a DEM-hez hasonló felépítésű modell alkalmazhatósága több matematikai problémát is felvet. A modell térbeli rácshálóját $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ -es horizontális felbontás és 10 vertikális szint esetén több millió rácspontból áll, és két és fél másodperces időlépcsővel dolgozva egy évi futtatáshoz több mint kétszáz ezer időlépcső szükséges. Ilyen felbontás mellett a szennyezőanyagterjedési feladat diszkrétizációja igen nagy méretű (és ráadásul nemlineáris) egyenletrendszer megoldására vezet, emellett fontos, hogy a megoldás reális időben belül rendelkezésre álljon. Nehézséget jelent továbbá az, hogy a megoldandó differenciálegyenletek alakja igen bonyolult, ugyanis az egyenletek jobb oldalán különböző matematikai tulajdonságú tagok szerepelnek. Ilyen esetben valamely ismert numerikus módszert alkalmazva nem garantálható, hogy a numerikus megoldás rendelkezni fog bizonyos a priori elvárt tulajdonságokkal, pl. stabil (konvergens) lesz, illetve megőrzi a koncentrációk nemnegativitását.

Ezért nem javasolható, hogy valamely kiválasztott numerikus módszerrel közvetlenül diszkretizáljuk az egyenleteket.

A főbb problémák felvázolása után áttekintünk egy számítási eljárást, nevezetesen az operátorszeletelést, amely hasonló méretű és bonyolultságú feladatok megoldásában sikerrel alkalmazható. Megemlítjük az alkalmazás során felmerülő főbb problémákat, és összefoglaljuk a szeletelési módszerek vizsgálatában elért legfontosabb eredményeinket.

Az operátorszeletelés módszere. Az operátorszeletelés olyan numerikus eljárás, amelynek segítségével bonyolult időfüggő egyenletrendszerek megoldását egyszerűbb részfeladatok egymás utáni megoldására vezethetjük vissza (Faragó és Havasi, 2009b). Legegyszerűbb fajtája az ún. szekvenciális szeletelés, amelynek során az egyenletrendszer jobb oldalát egyszerűbb tagokra bontjuk, és az ezekhez tartozó feladatokat időben egymás után oldjuk meg, minden egyes időlépcsőben a korábbi részfeladat megoldását használva kezdeti feltételként. Természetesen a jobb oldalt többféleképpen is részekre bonthatjuk. Itt csak egy lehetőséget említünk: a fizikai elven való szétbontást, amelynek során az alábbi részfeladatokat oldjuk meg:

$$\frac{\partial c_i^{[1]}}{\partial t} = -\nabla(\bar{u}c_i^{[1]}) , \quad \frac{\partial c_i^{[2]}}{\partial t} = \nabla(K\nabla c_i^{[2]}) ,$$

$$\frac{\partial c_i^{[3]}}{\partial t} = -\sigma_i c_i^{[3]} ,$$

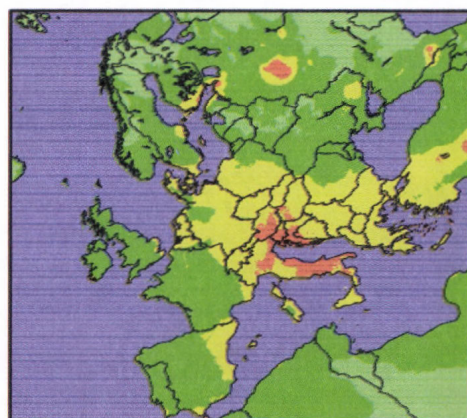
$$\frac{\partial c_i^{[4]}}{\partial t} = R_i(c_1^{[4]}, \dots, c_m^{[4]}) , \quad \frac{\partial c_i^{[5]}}{\partial t} = E_i .$$

Világos, hogy a kapott részfeladatok mindegyike jóval egyszerűbb struktúrájú, mint az eredeti feladat, és előnyös, hogy mindegyik részfeladatot a legmegfelelőbb numerikus módszerrel oldhatjuk meg. Hátrány azonban, hogy az eredeti folyamatot, amelyben az öt részfolyamat egyszerre fejti ki a hatását, olyan feladatok sorozatára cseréltük, amelyben a szóban forgó részfolyamatok minden időlépcsőben egymás után hatnak. Az ebből adódó hibát szeletelési hibának nevezzük. Ez többnyire akkor is fellép, ha az összes részfeladatot pontosan oldjuk meg, de kis időlépcső esetén már várhatóan kicsi lesz ez a hiba, azaz nem lesz lényeges eltérés a szeleteléssel kapott megoldás és a pontos megoldás között.

A szeletelés elméletének egyik fontos kérdése: milyen szeletelési módszert alkalmazzunk ahhoz, hogy a lehető legkisebb szeletelési hiba terhelje a numerikus megoldást? A fenti szekvenciális módszeren kívül léteznek kisebb szeletelési hibával dolgozó módszerek is, pl. a Marcsuk–Strang-féle vagy a súlyozott szekvenciális módszer. A szeletelés elmélete a korlátos lineáris operátorokra részletesen ki van dolgozva (Bartholy et al., 2001), de ezen eredmények egy részét sikerült általánosítanunk szélesebb feladatosztályokra is (Faragó és Havasi, 2007a). Megvizsgáltuk ezen kívül a szeletelési hiba eltűnésének feltételeit a hagyományos szeletelési eljárások esetében, ezek azonban

a gyakorlati feladatokban ritkán teljesülnek (Faragó és Havasi, 2007b). A szeletelési módszereket számos teszt-feladaton tanulmányoztuk: közönséges differenciálegyenlet-rendszereken, egy egyszerűsített légköri oszlopmodellen (Botchev et al., 2004), valamint a linearizált sekélyvíz egyenletrendszeren (Havasi, 2007 és 2008), és az elméletben elvárt hibarendeket kaptuk.

Magas ózonkoncentrációjú napok száma Európában, 2003-as futtatás alapján

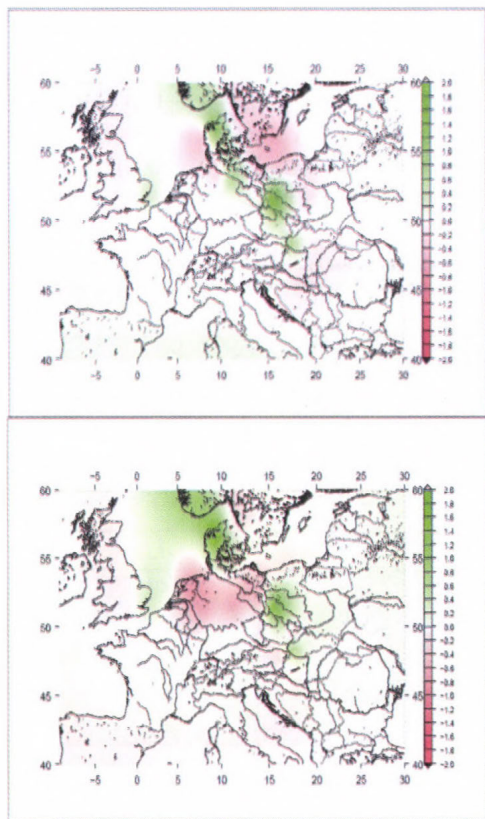


1. ábra. Ózonszennyezettség Európában a DEM alapján.

A szeletelési módszereket sikerrel alkalmaztuk valós feladatban is. Munkánkban (Kocsis et al., 2009) megvizsgáltuk a különböző szeletelési módszerek (szekvenciális, Strang–Marcsuk-féle, additív és módosított additív szeletelés) alkalmazhatóságát az Országos Meteorológiai Szolgálatnál futtatott FLEXPART modellben. A FLEXPART egy Lagrange-féle trajektóriamodell, amely pontforrás által kibocsátott szennyezőanyag közép- és hosszú távú terjedésének előrejelzésére alkalmas. A szeleteléssel kapott eredményeket az ETEXE (European Tracer Experiment) mérési program keretében gyűjtött adatokkal is összevetettük többféle statisztikai indikátor vizsgálatával. Azt tapasztaltuk, hogy a szeletelési módszerek többnyire felülbecslik a koncentrációkat. A mérésekhez legközelebb álló eredményeket a szeletelés nélküli modellváltozat és a módosított additív szeletelés adta, a legkevésbé megbízhatónak pedig a Marcsuk–Strang-féle szeletelés bizonyult (2. ábra).

A gyakorlatban előforduló modellfeladatok megoldása során a pontosság mellett a hatékonyság is alapvető követelmény. A Csomós et al. (2007) közleményben a szekvenciális, a Marcsuk–Strang-féle, a súlyozott szekvenciális és a súlyozott Marcsuk–Strang-féle szeletelés gépigényt vizsgáltuk szekvenciális és párhuzamosított számítás esetén, a Dániai Euleri Modell egyszerűsítésével kapott tesztfeladatokon. A súlyozott módszerek párhuzamosítása jelentősen csökkentheti a számítási időt.

A szeleteléssel kapott numerikus megoldás pontossága növelhető az ún. Richardson-extrapoláció módszerével, amelynek során különböző hosszúságú időlépcsővel elvégzett fut-



2. ábra: Az ETEX kísérletben mért és a különböző szeletelési módszerekkel számított koncentrációk különbsége 54 órával a kibocsátást követően (ng/m^3 értékben). (a) módosított additív szeletelés, (b) Marcsuk–Strang-féle szeletelés.

tatások eredményeit kombináljuk. Ezt az eljárást sikeresen alkalmaztuk a szekvenciális szeletelési módszerre (Faragó és Havasi, 2009a). Mivel a szekvenciális szeletelés elsőrendű módszer, a Richardson-extrapolációval kombinálva másodrendű megoldó módszert kapunk, függetlenül attól, hogy a részfeladatokra hányadrendű numerikus módszert alkalmazunk. Megállapítottuk, hogy a Richardson-extrapolációval kombinált szekvenciális szeletelés pontosságban felveszi a versenyt az olyan hagyományos másodrendű szeletelési módszerekkel, mint a Marcsuk–Strang-féle és a szimmetrikusan súlyozott szekvenciális szeletelés. Fontos kiemelni, hogy a másodrendű konvergencia akkor is megőrződik, ha a részfeladatokat elsőrendű numerikus módszerrel oldjuk meg, ellentétben az említett másodrendű szeletelési technikákkal. A módszert az UNI-DEM légszennyezés-terjedési modell kémiai almodelljén teszteltük, amely összesen 56 anyagfajttal számol. Az eredmények azt mutatják, hogy a Richardson-extrapolációval kombinált szekvenciális szeletelést alacsonyabb rendű numerikus módszerekkel érdemes kombinálni. Megfelelő módszerrel (pl. implicit Euler-módszer) sikerült másodrendű konvergenciát elérnünk.

A Richardson-extrapolációt egydimenziós advekción is tanulmányoztuk (Zlatev et al., 2011). Az advekción egyenletek a meteorológiai modellek kulcsfontosságú részei, megoldásukhoz tehát hatékony algoritmusokra van szükség.

A tanulmányban megmutatjuk, hogy a Crank–Nicolson-sémával kapott numerikus megoldás hatékonyan javítható a Richardson-extrapoláció alkalmazásával.

A szeletelési módszerek időjárás-előrejelző modellekben is használhatók. Napjainkban az operatív modellekben talán a szemi-implicit szemi-Lagrange-féle (SISL) módszer alkalmazása a legelterjedtebb, amely ugyan nem tartozik az operátorszeletelési módszerek közé, de szintén a különböző tulajdonságú (lineáris, valamint a nemlineáris advekción) tagok eltérő kezelésén alapul. Érdemes lehet azonban az operátorszeletelési módszerek alkalmazási lehetőségeit is fontolóra venni az operatív időjárás-előrejelző modellekben.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Európai Unió támogatásával és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg, a támogatási szerződés száma TÁMOP 4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0003.

Irodalom

- Bartholy, J., Faragó, I., Havasi, Á., 2001: Splitting method and its application in air pollution modeling. *Időjárás* 105, 39–58.
- Botchev, M., Faragó, I., Havasi, Á., 2004: Testing weighted splitting schemes on a one-column transport-chemistry model. *Int. J. Env. Pol.* 22, Nos. 1/2, 3–16.
- Bozó, L., Mészáros, E., Molnár, Á., 2006: Levegőkörnyezet. *Akadémiai Kiadó*, Budapest, 252 p.
- Csomós, P., Dimov, I., Faragó, I., Havasi, Á., Ostromsky, Tz., 2007: Computational complexity of weighted splitting schemes on parallel computers. *International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems* 22, No. 3, p. 137.
- Faragó, I., Havasi, Á., 2007a: Consistency analysis of operator splitting methods for C_0 -semigroups. *Semigroup Forum* 74, 125–139.
- Faragó, I., Havasi, Á., 2007b: Relationship between vanishing splitting errors and pairwise commutativity. *Applied Mathematics Letters*, megjelent elektronikusán: DOI: 10.1016/j.aml.2007.02.008.
- Faragó, I., Havasi, Á., 2009a: Richardson-extrapolated sequential splitting and its application. *Journal of Computational and Applied Mathematics* 226, 218–227, DOI: 10.1016/j.cam.2008.08.003.
- Faragó, I., Havasi, Á., 2009b: Operator Splitting and their Applications, Mathematics Research Development Series, Nova Science Publishers, Inc., New York, 108 p.
- Havasi, Á., 2007: Wave analysis of different splitting methods in the linearized shallow water equations. *International Journal of Computational Science and Engineering* 3, No. 4, 264–270.
- Havasi, Á., 2008: Wave analysis for different splittings of the shallow water equations on the β -plane. *Computers and Mathematics with Applications* 55, 2295–2305.
- Kocsis, Zs., Ferenczi, Z., Havasi, Á., Faragó, I., 2009: Operator splitting in the Lagrangian air pollution transport model FLEXPART. *Időjárás* 113, 189–202.
- Práger, T., 1992: Numerikus prognosztika I. *Tankönyvkiadó*, Budapest, p. 327.
- Zlatev, Z., 1995: Computer treatment of large air pollution models. *Kluwer, Academic Publishers*, Dordrecht-Boston-London.
- Zlatev, Z., Dimov, I., Faragó, I., Georgiev, K., Havasi, Á., Ostromsky, Tz., 2011: Richardson Extrapolated Numerical Methods for Treatment of One-Dimensional Advection Equations, *Springer-Verlag*, LNCS 6046, Berlin, Heidelberg, 7th International Conference, NMA 2010 Borovets, Bulgaria, August 20–24, 2010, Revised Papers, 198–206.

NÉHÁNY STATISZTIKUS MÓDSZER AZ ELMÉLETI ÉS ALKALMAZOTT KLIMATOLÓGIAI VIZSGÁLATOKBAN

SOME STATISTICAL METHODS USED IN THEORETICAL AND APPLIED CLIMATOLOGY

Matyasovszky István

ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.
matya@caesar.elte.hu

Összefoglalás: Az alábbiakban áttekintünk néhány, a hagyományos statisztikai módszereken túlmutató eljárást, melyek részben az elméleti, részben az alkalmazott klimatológiában hasznosíthatók. Ezek az elmúlt évek, illetve a jelen és a közeli jövőben tervezett munkáinkat érintik.

Abstract: The study presents some statistical methods going beyond traditional techniques and useful in theoretical or applied climatology. These procedures were used in last years, are in progress at present or will be used in the near future.

Bevezetés. Mivel az éghajlat alapvetően statisztikus természetű, így vizsgálata a valószínűségszámítás és matematikai statisztika eszközeit igényli. Ezekkel a kérdésekkel foglalkozik a statisztikus klimatológia. Az éghajlat lényegének megismerése szempontjából vethető fel a különböző éghajlati elemek memóriája. Ilyenkor a rendelkezésre álló idősorok alapján próbáljuk becsülni, hogy az adott idősor aktuális értékeinek optimális statisztikai előrejelzéséhez a múltbeli értékek időben milyen hosszú szakaszára van szükség. Némiképp hasonló kérdés az ún. embedding dimenzió becslése. Ennek lényege, hogy az adott idősort egy zajjal terhelt dinamikai rendszer megfigyelésének tekintjük, és a feladat a dinamikai rendszer dimenziójának megadása. Számos statisztikai módszer igényli az embedding dimenzió ismeretét, így például az elmúlt két évtizedben rohamosan fejlődő szinguláris spektrum analízis (*Vautard and Ghil, 1989*), ám megbízható becslése tudomásunk szerint elmaradt a klimatológiai irodalomban. A megoldás iránt érdeklődők számára *Fueda and Yaganawa (2001)* munkáját ajánljuk.

Részben az általános megismerés, részben a jövő éghajlatának becslési lehetőségeinek megismerése szempontjából fontos a már lezajlott, illetve zajló éghajlatváltozás detektálása és becslése. Az éghajlatváltozást legegyszerűbben a várható érték időbeli változásával szokás leírni, vagyis a trend-elemzéssel. Manapság, alapvető fontosságú gyakorlati hatásai folytán, egyre inkább előtérbe kerülnek az extrém események, amelyek például a kvantilis regresszió segítségével vizsgálhatók. Az egyik legrégebbi statisztikus klimatológiai eszköz a spektrálanalízis, amikor egy szóban forgó idősor mögött meghúzódó sztochasztikus folyamatot véges sok (diszkrét spektrum) és megszámlálhatatlanul sok (folytonos spektrum) periodikus összetevő szuperpozíciójaként tekintjük. Adott idősor esetében a diszkrét spektrum trigonometrikus trendként jelentkezik. Végezetül meg kell említeni, hogy mivel az éghajlat nagyszámú nem-lineáris kölcsönhatás eredményeként jön létre, célszerű az éghajlati idősorokat

a jól ismert lineáris idősor modellek helyett nem-lineáris idősor modellek segítségével elemezni.

Trend-elemzés. A trendet ma is leggyakrabban az idő lineáris függvényének tekintik. Ezt a legkisebb négyzetek (least squares: LS) módszerével végzik, tehát az aktuális megfigyelések és becslésük négyzetes hibaösszegének minimalizálásával. A valóságos trend azonban rendszerint eltér a lineáristól. Lényegesen pontosabb becslés nyerhető az ún. súlyozott lokális regresszió (weighted local regression: WLR) segítségével. Mivel a trend az idő sima függvénye, minden időpont egy környezetében lokálisan illesztünk lineáris trendet úgy, hogy a négyzetes hibákat súlyozzuk. Az aktuális időponthoz tartozó hiba rendelkezik a legnagyobb súllyal, és az időponttól távolodva valamilyen ütem szerint csökkennek a súlyok. A súlyokat egy magfüggvény generálja, aminek megválasztása nincs túl komoly hatással a becslés pontosságára. A környezet, melyet sáv szélességnek nevezünk, azonban igen fontos szerepet játszik. Szerencsére ennek szubjektív megválasztása helyett van mód a becslésére is.

Ismeretes, hogy az északi hemiszféra átlaghőmérséklete az 1850–2010 közötti periódusban a lineáris trend szerint összességében $0,73\text{ }^{\circ}\text{C}$ emelkedést mutat, ami $0,045\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ év növekedési rátának felel meg. A WLR eljárás azonban az 1914–1942 időszakra összességében $0,133\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ év, sőt az 1975–2010 periódusra ennél nagyobb, $0,183\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ év emelkedő rátát nyújt úgy, hogy közben az 1942–1975 évek során $0,057\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ év ütemű csökkenést jelez (*Matyasovszky, 2011*).

Az említett évszámok, illetve időszakok nem véletlenül lettek kiválasztva. Az utóbbi időben ugyanis növekvő figyelem fordul az ún. hirtelen éghajlatváltozások (abrupt climate changes) felé. A hirtelen változást mutató időpontok azonosítása tradicionálisan azon alapszik, hogy a trendfüggvényt szakaszonként konstansnak tekintik, mely szakaszokat a trend ugrásai határolják. Ez a megközelítés fizikailag tarthatatlan, hiszen nem képzelhető el

az a helyzet, hogy az éghajlat valameddig változatlan, majd azonnal egy másik éghajlatba megy át. Ezért a trendfüggvény deriváltjának ugrásait tekintjük hirtelen változásnak (Matyasovszky, 2011). A feladat a WLR módszer általánosításával oldható meg. A definíció persze egy kompromisszum, mert a trend ugrásainak megengedése elfogadhatatlan, míg a második vagy magasabb deriváltjai ugrásának értelmezése túl sima trendet adna ahhoz, hogy hirtelen változásról beszélhessünk. A módszer az 1901, 1914, 1942, 1963 és 1975 éveket adta az északi hemiszféra hőmérsékletének hirtelen változásaira. A távolabbi múltba nyúló rekonstruált hőmérsékleti adatokra alkalmazva eljárásunkat be lehetett határolni egyebek mellett a Középkori Meleg Periódust (Viking-kor) és a Középkori Kis Jégkorszakot, vagy a Holocén Klíma Optimumot is.

Regresszió, kvantilis regresszió. A WLR azokban az esetekben is alkalmazható, amikor a független változó (prediktor) értékei nem időpontok vagy egyéb determinisztikus mennyiségek, hanem maga is valószínűségi változó, sőt változók realizációi. Ilyenkor a becslendő változó (prediktandusz) adott prediktorok melletti feltételes várható értékének becslése a cél. Példaként említjük a hazánkban nagyon elterjedt parlagfű erősen allergén pollenjének koncentráció becslését. Makra *et al.* (2011) Szeged, Legnano és Lyon napi parlagfű pollen-koncentrációit hozta kapcsolatba a megelőző napi koncentrációval és meteorológiai paraméterekkel, mivel a Kárpát-medencén kívül még a Pó-alföld és a Rajna völgye Európa erősen parlagfüves területei. A becslés által megmagyarázott relatív variancia Szegedre a legnagyobb és Legnanora a legkisebb, tehát a legpontosabban Szeged napi parlagfű pollen-koncentrációja becsülhető a három hely közül. A legfontosabb meteorológiai változónak a napi középhőmérséklet (Szeged és Legnano) és a napi csapadékösszeg (Lyon) bizonyult.

A hagyományos regressziós feladat helyett gyakran célszerű a medián regressziót elvégezni, amikor a prediktorok melletti feltételes medián becsléséről van szó. Ilyenkor a becslési hibák négyzetösszegének minimalizálása helyett a becslési hibák abszolút összegének minimalizálása történik. Különösen előnyös ez, ha a prediktandusz valószínűségi eloszlása erősen nem normális és esetenként nagyon kiugró értékek fordulhatnak elő. Jó példa erre ismét a szegedi napi parlagfű pollen-koncentráció. Makra és Matyasovszky (2010) ezúttal az esős és száraz napokat szétválasztva külön-külön oldotta meg a feladatot. Az előző napi koncentráción kívül az esős napokon a napi globálsugárzás, a száraz napokon a napi középhőmérséklet bizonyult fontos prediktornak. Részben a napok csapadék szerinti szétválasztásának, de főként a medián regressziónak köszönhetően az előző vizsgálathoz képest lényegesen kisebb átlagos abszolút hibákat, azaz lényegesen pontosabb becslést nyertünk.

Mivel a medián a $p = 0,5$ valószínűségi értékhez tartozó kvantilis, a medián regresszió általánosításával bármely zérus és egy közötti p -re értelmezhető a kvantilis regresszió. Ez a prediktandusznak a prediktorok adott értéke

melletti feltételes kvantilis becslését végzi. Megjegyezzük, hogy a p -kvantilis az a szám, amelynél kisebb értéket a szóban forgó valószínűségi változó p valószínűséggel vesz fel. A számítások szerint a napi parlagfű pollen-koncentráció kvantilisei általában kisebbek az esős, mint a száraz napokon, továbbá a napi koncentráció valószínűségi eloszlása sokkal elnyújtottabb a magas koncentrációk felé a száraz napokon. Az esős napokhoz tartozó kvantilisek azt jelzik, hogy a pollen-koncentrációk jóval kisebb változékonyságúak a csapadékos napokon.

Spektrálanalízis. A spektrálanalízis rendkívül kiterjedt módszertana döntően az ekvidisztáns időpontokban megfigyelt adatsorokra vonatkozik. Az éghajlati idősorok azonban olykor nem ekvidisztáns időpontokban állnak rendelkezésre. Tipikus példa erre a paleoklíma adatok. Ilyenkor a spektrálanalízis kiindulásaként szolgáló hagyományos periodogram helyett a Lomb–Scargle (LS) periodogramot (Lomb, 1976) szokás alkalmazni. Igen gyakran egy elsőrendű autoregresszív (AR(1)) folyamatot illesztenek az idősorhoz, és a feladat annak eldöntése, hogy az AR(1) modell által generált vörös zaj spektrumtól mely periódusidőknél különbözik szignifikánsan a periodogram. A nem ekvidisztáns idősorok esetében azonban az autoregresszív modell LS becslése igen pontatlan lehet. Ezért egy súlyozott LS módszert javasolunk, továbbá a Lomb–Scargle periodogramban szintén fellépő pontatlanságok csökkentése érdekében egy új periodogramot vezetünk be, mely az ún. totális legkisebb négyzetek módszerén alapul (Matyasovszky, 2012). A GISP2 oxigén izotóp adatok (Kr. e. 58000–13000 évek) és Vostok deutérium tartalom adatok (Kr. e. 420766 - i. sz. 2000 évek) elemzése a korábbi eredményekhez képest több fontos különbséget hozott (Matyasovszky, 2012). Az összehasonlítás során az AR(1) spektrális sűrűségeen kívül felhasználtuk a periodogram robusztus simítását is (Matyasovszky, 2010a).

Nem-lineáris idősor modellezés. Egy AR folyamat tipikus lineáris modell, mert a szóban forgó idősor aktuális értékét az idősor megelőző értékeinek lineáris kombinációja és egy zaj összege adja. Több idősor együttes modellezésekor vektor értékű AR folyamathoz jutunk. Ez nem-lineárisra például úgy tehető, hogy a lineáris kombinációt definiáló AR paraméterek függenek valamelyik idősor valahány lépéssel korábbi értékétől, vagyis a küszöbváltozó értékétől.

A grönlandi és az antarktiszi jégfuratok izotópösszetételének tanulmányozása során egyebek mellett fáziskülönbséget találtak a két terület éghajlatváltozásainak időbeli lefolyásában. Felvetődött ezért a kérdés, hogy a változások a két félteke közül vajon melyikben indulnak el és terjednek át a másikra. Mindkét lehetőségre születtek fizikailag alátámasztott elképzelések, amelyek közül azonban nem lehetett egyértelműen, statisztikailag igazoltan választani (Steig and Alley, 2002). Ennek oka minden bizonnyal az, hogy a statisztikai vizsgálatok megmaradtak a lineáris idősor elemzés keretein belül. Kidolgoztunk ezért a grönlandi NGRIP és az

antarktiszi Vostok adatsor együttesére egy egyszerű nem-lineáris AR modellt, egy ún. küszöbmodell (Matyasovszky, 2010b). Mivel a küszöbváltozó – mely a nem-linearitást beviszi a modellbe – a grönlandi, azt mondhatjuk, hogy Grönland képviseli az elsődleges szerepet a Grönland–Antarktiszi éghajlatváltozási kapcsolatban. A küszöbváltozó választásának helyességét természetesen statisztikai teszttel igazoltuk.

Irodalom

- Fueda, K., Yanagawa, T., 2001: Estimating the embedding dimension and delay time from chaotic time series with dynamic noise. *J. Japan Statist. Soc.* 31, 27–38.
- Lomb, N.R., 1976: Least-squares frequency analysis of unequally spaced data. *Astrophys. Space Sci.* 39, 447–462.
- Makra, L. and Matyasovszky, I., 2010: Assessment of daily ragweed pollen concentration with previous-day meteorological variables using regression and quantile regression analysis for Szeged, Hungary. *Aerobiologia* 27, 247–259.
- Makra, L., Matyasovszky, I., Thibaudon, M. and Bonini, M., 2011: Forecasting ragweed pollen characteristics with non-parametric regression methods over the most polluted areas of Europe. *Int. J. Biometeorol.* 55, 361–371.
- Matyasovszky, I., 2010a: Improving the methodology for spectral analysis of climatic time series. *Theor. Appl. Climatol.* 101, 281–287.
- Matyasovszky, I., 2010b: Trends, time-dependent and nonlinear time series models for NGRIP and VOSTOK paleoclimate data. *Theor. Appl. Climatol.* 101, 433–443.
- Matyasovszky, I., 2011: Detecting abrupt climate changes on different time scales. *Theor. Appl. Climatol.* 105, 445–454.
- Matyasovszky, I., 2012: Spectral analysis of unevenly spaced climatological time series. *Theor. Appl. Climatol.*, Submitted.
- Steig, E.J. and Alley, R.B., 2002: Phase relationships between Antarctic and Greenland climate records. *Ann. Glaciol.* 35, 451–456.
- Vautard, R. and Ghil, M., 1989: Singular spectrum analysis in nonlinear dynamics, with applications to paleoclimatic time series. *Physica D* 35, 395–424.

KISLEXIKON

POCKET ENCYCLOPAEDIA

Folytatás a 173. oldalról

szabadföldi vízkapacitás, szántóföldi vízkapacitás, talaj hidrofizikai paraméter. Az a vízmennyiség a talajban, rendszerint a felső 1 méteres rétegre megadva, amelyet a talaj maximálisan meg tud tartani a nehézségi erő ellenében. Az agrometeorológiai gyakorlatban vízszlop mm-ben adják meg a mennyiségét. (Ács F., Breuer H.: *A talaj szerepe a meteorológiában és klimatológiában*)

sztochasztikus folyamat időben végbemenő véletlenszerű folyamat, amit valószínűségi változók írnak le. (Matyasovszky I.: *Néhány statisztikus módszer az elméleti és alkalmazott klimatológiai vizsgálatokban*)

turbulens diffúzió a turbulens áramlásban a különböző anyagoknak az örvényes légmozgás által okozott szóródása. A légkörben a ~ sokkal hatékonyabb, mint a molekuláris diffúzió. (Havasi Á., Faragó I.: *Alkalmazott matematika a meteorológiában*)

sekélykonvekció a légréteg rendezett vertikális mozgása, amely a hő, a vízgőz és az impulzus függőleges átvitelét eredményezi egy meghatározott vastagságú, a mélykonvekcióhoz képest szűkebb légrétegben belül. A benne képződő, csapadékot nem okozó gomolyfelhők vertikális kiterjedése kicsi. (Ács F., Breuer H.: *A talaj szerepe a meteorológiában és klimatológiában*)

spektrálanalízis a sztochasztikus folyamatok elemzésére szolgáló módszer, aminek alapja, hogy minden periodikus függvény felbontható különböző frekvenciájú és amplitúdójú szinusz-, és koszinuszfüggvények végtelen sok elemből álló kombinációjára. (Matyasovszky I.: *Néhány statisztikus módszer az elméleti és alkalmazott klimatológiai vizsgálatokban*)

vörös zaj, Brown zaj az átlagostól való véletlenszerű eltérés. A meteorológiai folyamatok és mezők vizsgálatakor gyakran jelentkező zajtípus, amit a hosszúhullámú összetevők túlsúlya jellemez. (Matyasovszky I.: *Néhány statisztikus módszer az elméleti és alkalmazott klimatológiai vizsgálatokban*)

LÉGKÖRI TERJEDÉSI ÉS ÜLEPEDÉSI MODELLEK FEJLESZTÉSE ÉS ALKALMAZÁSA

DEVELOPMENT AND APPLICATIONS OF ATMOSPHERIC TRANSPORT AND DEPOSITION MODELS

Mészáros Róbert¹, Lagzi István², Kolozsi-Komjáthy Eszter¹, Leelőssy Ádám¹,
Steierlein Ákos¹, Nagy Roland¹

¹ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.

²BMGE Fizika Tanszék, 1111 Budapest, Budafoki út 8, F épület.

mrobi@nimbus.elte.hu, lagzi@nimbus.elte.hu, komjathyeszter@gmail.com, leelossyadam@gmail.com,
akos0109@gmail.com, duncy89@gmail.com

Összefoglalás: Kutatásaink során folyamatos, vagy baleseti kibocsátások révén a légkörbe kerülő szennyezőanyagok terjedését, kémiai reakcióit, és légkörből való kikerülését vizsgáljuk különböző szemléletű és skálájú modellekkel.

Abstract: Investigations of the atmospheric dispersion of pollutants originated from both accidental and continuous releases, their chemical reactions and depositions are carried out by environmental models using different approaches and scales.

Bevezetés. Az elmúlt évtizedekben történt ipari katasztrófák és egyéb eseti kibocsátások, valamint a folyamatosan a légkörbe juttatott szennyezők emissziójának – a nemzetközi kibocsátást csökkentő intézkedések ellenére tapasztalható – növekvő tendenciái ráirányították a figyelmet a légköri szennyezőanyagok terjedésének és az általuk okozott környezeti károknak a megbízható, pontos becslésére. A számítástechnikai háttér rohamos fejlődése, valamint a számítási idő csökkentését eredményező korszerű módszerek megjelenése egyben megteremtette a lehetőséget az egyre finomabb tér- és időbeli felbontású modellszimulációk elvégzésére. Az ELTE Meteorológiai Tanszékén több mint egy évtizede végzünk különböző skálájú szennyezőanyag terjedési és ülepedési modellszimulációkat. A modellezés során nyert tapasztalatok alapján folyamatosan fejlesztjük a szennyezőanyagok légköri terjedésének és az általuk okozott környezeti terhelésnek a szimulálására alkalmas TREX (TRansport-EXchange) terjedési-kicserélődési modellcsoportot. Az elmúlt években különböző szimulációkat végeztünk lokális, regionális és kontinentális skálán.

Baleseti kibocsátások szimulálása különböző skálán.

A szennyezőanyagok terjedésének modellezése során az adott probléma méretskálájától és a konkrét feladattól függően különböző szemléletmód alkalmazása szükséges. A TREX modellel ún. lagrangei és euleri szemléletben (trajektóriák mentén, illetve rácshálózaton) végeztünk terjedési számításokat. A fentiekén túl más típusú modellek adaptálását, fejlesztését és alkalmazását is végezzük. Ilyenek például az egyszerű, de épp ezért nagyszámú szimulációra alkalmas gaussi, vagy a jóval bonyolultabb, de pontosabb CFD (Computational Fluid Dynamics) modellek. A modellszimulációkkal széles körű érzékenység, és statisztikai vizsgálatokra is lehetőség nyílik.

Az atomerőművek és más nukleáris létesítmények üzemeltetése során nem kerülhető el bizonyos mennyiségű radioaktív anyag környezetbe, elsősorban a légkörbe

és a felszíni vizekbe kerülése (ún. normál üzemi kibocsátások). Ezen túlmenően a biztonságos üzemeltetés ellenére fel kell készülni olyan veszélyhelyzetekre, balesetekre, melyek során nagy aktivitású radioaktív anyagok is a környezetbe kerülhetnek (baleseti kibocsátások). Az 1986-os csernobili katasztrófa súlyos következményei ösztönzően hatottak a baleseti kibocsátási modellek fejlesztésére. Ezt a tendenciát felerősítette a 2011 márciusában történt fukushimai atomerőmű baleset. A szigorú hatósági követelmények mellett ezért mind a társadalom, mind a tudományos közélet részéről egyre nagyobb az igény, hogy pontosan ismerjük, és hatékonyan előre is tudjuk jelezni egy nukleáris, vagy más ipari baleseti kibocsátás hatását a környezetre, különösen a lakosságra.

A hatósági előírásoknak megfelelően a Paksi Atomerőműből történő feltételezett baleseti kibocsátások szimulálására is rendelkezésre állnak különböző típusú és eltérő térszkálájú modellek. Ugyanakkor a számítástechnika rohamos fejlődése, valamint az új tudományos eredmények megteremtették a lehetőségét, ezzel egyidejűleg a megváltozott felhasználói igények pedig megkövetelik az egyre kifinomultabb modellek fejlesztését és tesztelését. Ennek érdekében az ELTE Meteorológiai Tanszéke is bekapcsolódott e modellfejlesztési feladatokba.

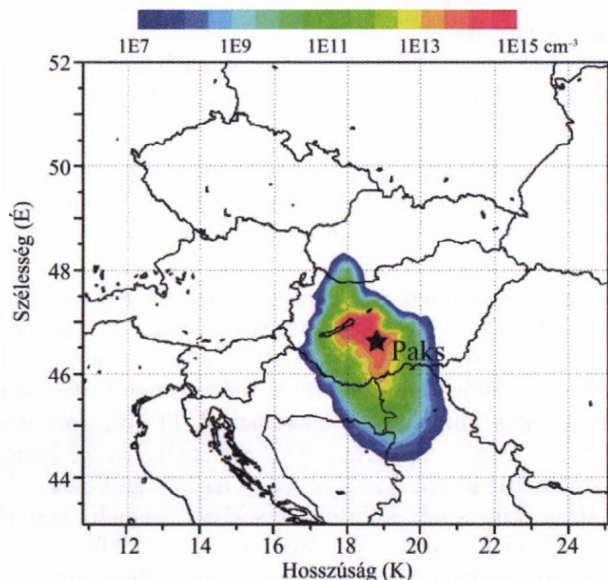
Első lépésben egy háromdimenziós Euler-típusú terjedési modellt fejlesztettünk ki, amely alkalmas különböző szennyezőanyagok terjedésének és kémiai reakcióinak leírására (Lagzi et al., 2006; Mészáros et al., 2006).

E modellben a Kárpát-medence térségét egy rácshálózattal lefedve, a terjedés leírásához használt légköri transzport-egyenletekben az advekción, a függőleges és vízszintes diffúzió, az ülepedés, a kémiai reakció és az emisszió hatását vettük figyelembe.

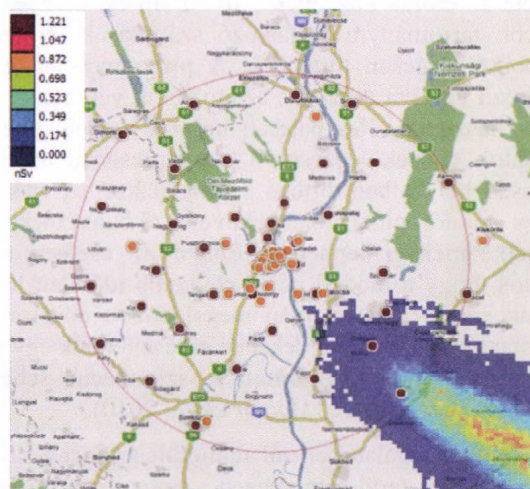
A bemenő meteorológiai adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálatnál operatíván futtatott ALADIN előre-

jelzési modell 0–48 órás előrejelzései szolgáltatták. Különböző időjárási helyzetekre végzett esettanulmányok (Mészáros *et al.*, 2010) és részletes érzékenységi vizsgálatok mellett egy hosszabb időszakra (1 év) folyamatosan végeztünk szimulációkat (az év minden egyes napján egy baleseti kibocsátást feltételezve és a diszperziót szimulálva), ami már statisztikai elemzéseket is lehetővé tett

(Mészáros *et al.*, 2011). Ennek keretében a Péczely-féle makroszinoptikus helyzetek szerint rendszereztek a modellfuttatásokat. E módszernek köszönhetően lehetőség nyílik arra, hogy már a nagy pontosságú baleseti modellek lefuttatása előtt is egy elsődleges közelítést adhassunk a szennyeződés várható terjedésére és a baleset következményeire. Ez természetesen nem helyettesíti a



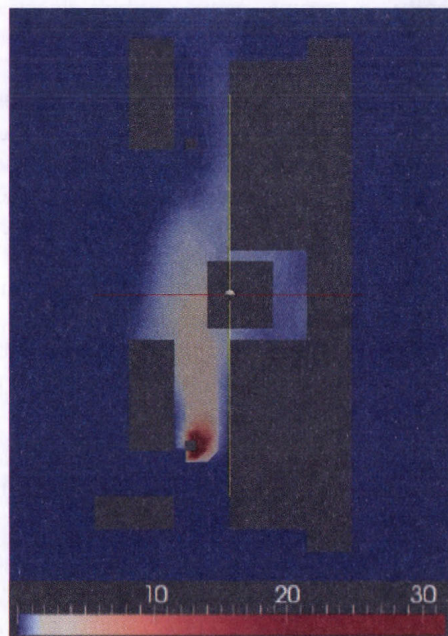
Példa a TREX-Euler terjedésszámító modell alkalmazására: ^{131}I koncentráció eloszlása egy Közép-Európát lefedő rácson, 6 órával egy feltételezett baleset után, folyamatos kibocsátás mellett, az Aladin modell meteorológiai mezőinek felhasználásával.



Példa a TREX-Lagrange terjedésszámító modell alkalmazására: a lakosságot ért pajzsmirigy dózis megjelenítése a Paksi Atomerőmű környezetében egy feltételezett baleset után, Lagrange részecskemoddellel történt terjedésszimuláció alapján.



Példa az ALOHA (egyszerű Gauss-típusú modell) alkalmazására: egy feltételezett baleset során 100 kg ammóniát bocsátottunk ki egy perc alatt az atomerőmű bejáratához vezető útszakaszon. Az egyes színek az ammóniára vonatkozó különböző határérték túllépéseket jelentik.



Példa az OpenFOAM CFD modell alkalmazására: délnyugati szélirány esetén kialakuló ^{131}I koncentrációmező egy feltételezett jódtó kibocsátás kezdete után 5 perccel a Paksi Atomerőmű területén, 10 m magasságban. Az értékek cm^{-3} -ben megadva.

dinamikus modelleket, de hasznos segítség lehet olyan szituációban, amikor minden pillanat számít a lakosság védelme érdekében meghozott döntéseknél.

Az erőmű térségére elkészítettünk egy háromdimenziós *Lagrange-típusú* terjedési modellt is, amely alkalmas különböző szennyezőanyagok terjedésének a leírására és képes gyorsan és pontosan előrejelezni a légszennyezési és dózis szinteket. A modell két különböző tartományon számol: az egyik a Paksi Atomerőmű 30 km-es körzete, a másik az erőmű közvetlen (10×10 km-es) környezete. A kisebb tartományra vonatkozó számítások részletesebb felbontású rácson történnek. A programsomaggal különböző célokra alkalmas szimulációk végezhetők (operatív használat, éles baleseti helyzet modellezése, gyakorlatok, tesztek végzése). A programsomag operatív és baleseti helyzetben történő használatakor azt vizsgáljuk, hogy az adott pillanatban bekövetkező balesetnek milyen következményei lennének. Ebben az esetben nagyon fontos, hogy a modell minél rövidebb idő alatt lefusson és az eredmények alapján megalapozott döntéseket lehessen hozni. Ennek érdekében elkészítettünk egy párhuzamosított modellváltozatot a szimuláció sebességét nagyban megnövelve (Molnár *et al.*, 2010).

A fenti vizsgálatokon túl felmerült az igény az atomerőmű üzemi területére végzett szennyezőanyag terjedés modellezésére is. Ehhez első lépésként az A2C modell CFD szimulációra alkalmas próbaverziójával készítettünk szimulációkat a Paksi Atomerőmű környezetére, az épületek egyszerűsített geometriáját beépítve, lokális skálán (Leelőssy, 2010). Feltételezett baleseteket követően vizsgáltuk a szennyezőanyag térbeli eloszlását a szélirány függvényében. Később egy egyszerű gaussi megközelítést használó terjedési modellt, az ALOHA-t alkalmaztuk statisztikai vizsgálatokra és baleseti esettanulmányokra (Mészáros *et al.*, 2011). Az elsődleges eredmények hozzájárulnak az egyes modellparaméterek érzékenységének vizsgálatához, és a részletesebb, finomabb felbontású modellszimulációk fejlesztéséhez is. A tapasztalatok alapján az OpenFOAM áramlási modellt alkalmaztuk a Paksi Atomerőmű területére, amely képes az épületek áramlásmódosító hatásának figyelembevételével az üzem területén, a kibocsátás néhány száz méteres környezetében kialakuló szélviszonyok és a terjedés szimulációjára (Leelőssy *et al.*, 2012).

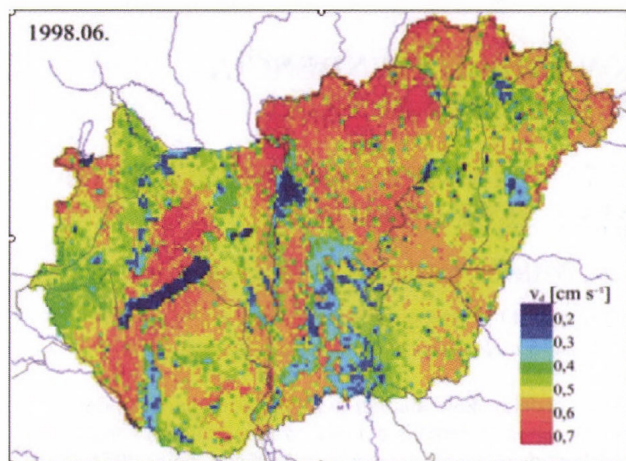
A különböző célú és eltérő jellegű modellekkel végzett szimulációkra az 1. ábrán mutatunk be példákat.

Folyamatos szennyezőanyag terhelés meghatározása. A baleseti kibocsátások szimulálása mellett modellfejlesztéseink egy másik fontos iránya a légszennyező anyagok ülepedésének becslése (Lagzi *et al.*, 2004; Mészáros *et al.*, 2009a). Eddig elsősorban az ózon különböző felszínek feletti ülepedési sebességét vizsgáltuk adott pontokban, illetve Magyarországot, valamint Európát lefedő rácson (2. ábra). A különböző növényállományok feletti ülepedés becslése összetett feladat, mértéke egyaránt függ az időjárási helyzettől, a növény fajtájától és fiziológiai tulajdonságai-

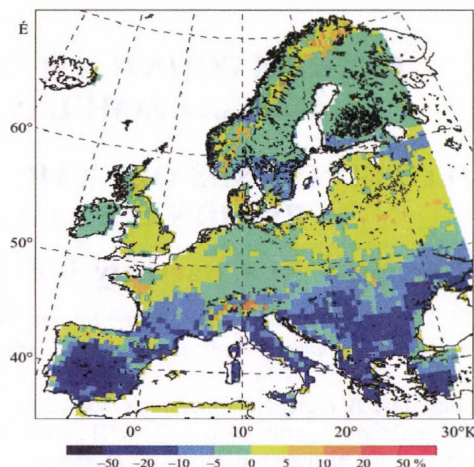
tól, a talajnedvességtől és közvetve a talaj fizikai féleségétől is. Az ülepedési sebesség és a felszínközeli koncentráció alapján meghatározható a felfogó közeget érő tényleges terhelés, a nyomgázáram (fluxus) mértéke. A szennyezőanyagok koncentrációját pontbeli mérések, vagy diszperziós modellek segítségével határozhatjuk meg. A TREX terjedési-kicserélődési modellt is abba az irányba fejlesztjük, hogy a különböző emisszió mezők, a részletes kémiai reakciómechanizmus és a terjedési folyamatok leírása alapján pontosan tudjuk becsülni az immisszió mezőket. Az ülepedési sebesség értékét pedig egyre kifinomultabb módszerekkel, a felszín-légkör kölcsönhatások részletes parametizációja alapján adjuk meg.

A modellfejlesztés eredményeként eddig a növényállományokat ért terhelést koncentráció- és fluxus alapú mérőszámokkal jellemeztük különböző időszakokra. A bemenő meteorológiai mezőket az Aladin numerikus előrejelzési modell szolgáltatta. Az eredmények során azt tapasztaltuk, hogy az ülepedési sebesség értéke nagy eltéréseket mutat az egyes növényállományokra, és az eltérő időjárási helyzetek miatt még azonos hónapokban is jelentős különbségek alakulhatnak ki az egyes évek között. Az elemzések és a részletes érzékenységi vizsgálatok azt is alátámasztották, hogy hazánk területén a felszín-légkör közti kölcsönhatásokban kiemelt szerepet játszik a talajnedvesség (Mészáros *et al.*, 2009b, c). Emiatt a modell legújabb verziójában finomítottuk a talajnedvesség-becslő rutint.

A múltbeli és jelenlegi állapotokra végzett elemzések mellett célul tűztük ki a környezeti terhelés várható mértékének a becslését is (Kolozsi-Komjáthy *et al.*, 2011). A légköri szennyezőanyagok kibocsátására vonatkozó hosszú távú előrejelzések alapján az ózon ún. prekursor vegyületeinek értékeiben is jelentős változások várhatók. Ez jelentősen befolyásolja az ózon koncentrációjának és ezen keresztül ülepedésének a tér- és időbeli eloszlását. A meteorológiai állapotathatározók (hőmérséklet, csapadék, légnedvesség, talajnedvesség) következő évtizedekre prognosztizált változásai – közvetlenül és közvetve – szintén hatnak a felszín és a légkör között végbemenő kölcsönhatásokra, így az ózon ülepedésére is. A globális klímaváltozás következményeként ugyanakkor az is valószínűsíthető, hogy megváltoznak a felszínre és a növényzetre jellemző paraméterek (pl. levélfelületi-index, albedó) értékei, valamint a növények fokozatosan alkalmazkodnak az eltérő éghajlati körülményekhez, esetleg új állományok jelennek meg. Az így megváltozott fiziológiai tulajdonságok révén más lesz a növények ózonnal szembeni ellenálló képessége. A fentiekben vázolt összetett, nemlineáris folyamatok eredőjeként a növényzetet károsító ózonülepedés mértékében bekövetkező változások befolyásolják a felszín és a légkör közötti szén-dioxid forgalmat, ezáltal visszahatnak a klímaváltozásra is. E bonyolult és sok bizonytalanságot hordozó mechanizmusok mértékének és következményeinek feltárása érdekében fejlesztettük a TREX modellt. A szimulációk lehetőséget nyújtanak az ózon koncentráció és a különböző növényállományokat



Példa az TREX-ülepítési modell alkalmazására: Az ózon átlagos napi száraz ülepítésének eloszlása egy nyári hónapban.



Példa az TREX-ülepítési modell alkalmazására: Az ózon ülepítési sebesség várható változása Európában, nyáron a 2071–2100 közötti időszakra az 1961–1990 időszakhoz képest, klímamodell eredményei alapján.

2. ábra: Példák a TREX ülepítési modell alkalmazási területeire.

erő ózontérhelés, valamint azok hatásainak becslésére, hosszabb időszakra, Magyarország, illetve Európa területére, különböző scenáriók alapján.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak mindazon volt és jelenlegi hallgatóinknak, akik a számos tudományos diákköri munka, szakdolgozat és diplomamunka keretében bekapcsolódtak a modellek fejlesztésébe, tesztelésébe és alkalmazásába, s nagymértékben hozzájárultak a kutatások sikeréhez. Ugyancsak köszönet illeti azokat a kollégákat is, akik hasznos tanácsokkal, valamint az adatbázisok kezelésében és feldolgozásában nyújtottak segítséget a kutatásokhoz. A kutatásokat az OTKA K81933 és K81975 kutatási pályázatok támogatták. A projekt az Európai Unió támogatásával és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg (TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR).

Irodalom

- Kolozsi-Komjáthy, E., Mészáros, R. and Lagzi, I., 2011: Effects of the climate change on regional ozone dry deposition. *Advances in Science and Research* 6, 103–107. (doi: 10.5194/asr-6-103-2011).
- Lagzi, I., Mészáros, R., Horváth, L., Tomlin, A., Weidinger, T., Turányi, T., Ács, F. and Haszpra, L., 2004: Modelling ozone fluxes over Hungary. *Atmospheric Environment* 38, 6111–6222.
- Lagzi, I., Mészáros, R., Ács, F., Tomlin, A.S., Haszpra, L. and Turányi, T., 2006: Description and evaluation of a coupled Eulerian transport-exchange model: Part I: model development, *Időjárás* 110, 3–4, 349–363.

- Leelőssy Á., 2010: Lokális szennyezőanyag-terjedés modellezése, BSc szakdolgozat, ELTE Meteorológiai Tanszék.
- Leelőssy, Á., Lagzi, I. and Mészáros, R., 2012: Sensitivity study of OpenFOAM model for local scale atmospheric dispersion simulations. *Geophysical Research Abstracts* 14, EGU2012-11925.
- Mészáros, R., Lagzi, I., Juhász, Á., Szinyei, D., Vincze, Cs., Horányi, A., Kullmann, L. and Tomlin, A.S., 2006: Description and evaluation of a coupled Eulerian transport-exchange model: Part II: sensitivity analysis and application. *Időjárás* 110, 3–4, 365–377.
- Mészáros, R., Horváth, L., Weidinger, T., Neftel, A., Nemitz, E., Dämmgen, U., Cellier, P. and Loubet, B., 2009a: Measurement and modelling ozone fluxes over a cut and fertilized grassland. *Biogeosciences* 6, 1069–1089.
- Mészáros, R., Szinyei, D., Vincze, Cs., Lagzi, I., Turányi, T., Haszpra, L. and Tomlin A.S., 2009b: Effect of the soil wetness state on the stomatal ozone fluxes over Hungary. *Int. J. Environment and Pollution* 36, 180–194.
- Mészáros, R., Zsély, I.Gy., Szinyei, D., Vincze, Cs. and Lagzi, I., 2009c: Sensitivity analysis of an ozone deposition model. *Atmospheric Environment* 43, 663–672.
- Mészáros, R., Vincze, Cs. and Lagzi, I., 2010: Simulation of accidental release using a coupled transport (TREX) and numerical weather prediction (ALADIN) model. *Időjárás* 114, 1–2, 101–120.
- Mészáros, R., Leelőssy, Á., Vincze, Cs., Szűcs, M., Kovács, T. and Lagzi, I., 2011: Estimation of the dispersion of an accidental release of radionuclides and toxic materials based on weather type classification. *Theoretical and Applied Climatology* 107, 3–4, 375–387.
- Molnár, F. Jr., Szakály, T., Mészáros, R. and Lagzi, I., 2010: Air pollution modelling using a Graphics Processing Unit with CUDA. *Computer Physics Communications* 181, 1, 105–112.

EXTRÉM ÉGHAJLATI INDEXEK VÁRHATÓ TENDENCIÁI MODELLSZIMULÁCIÓK EREDMÉNYEI ALAPJÁN

PROJECTED TRENDS OF EXTREME CLIMATE INDICES ON THE BASIS OF REGIONAL CLIMATE MODEL SIMULATIONS

Pongrácz Rita, Bartholy Judit, Kis Anna, Miklós Erika, Törék Orsolya

ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.
prita@elte.hu, bartholy@elte.hu, kisanna0610@gmail.com, mikloserika.elte@gmail.com, orsitorrek@gmail.com

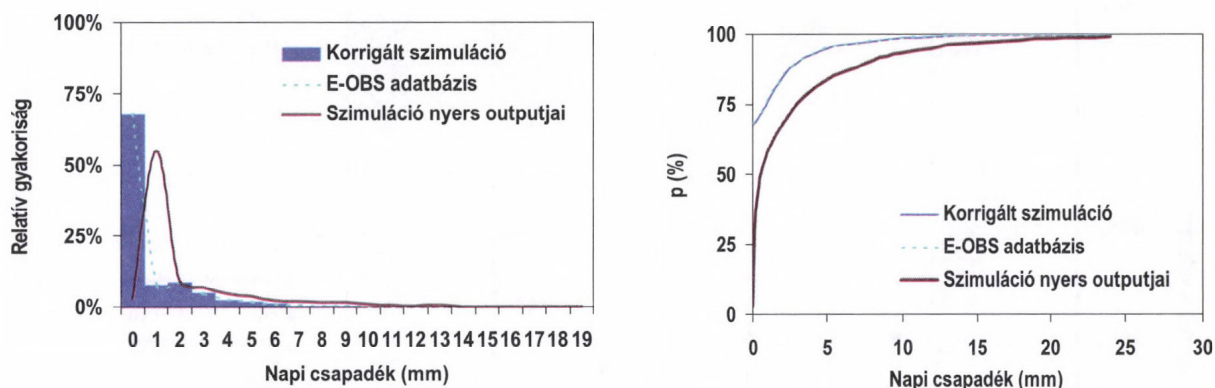
Összefoglalás: A regionális klímamodellek napi hőmérséklet- és csapadékmezője alapján definiálható éghajlati indexek XXI. századra becsült változásai közül az egymást követő száraz napok maximális évi és évszakos számára vonatkozó kvantitatív elemzést mutatjuk be részletesebben. Ez alapján levonható legfontosabb következtetés, hogy 2071–2100-ra a nyári időszakban egyértelműen növekvő indexértékekre számíthatunk hazánk térségében, mely éghajlatunk szárazabbá válását valószínűsíti.

Abstract: Several climate indices may be defined using daily temperature and precipitation outputs of regional climate model simulations. Among them annual and seasonal numbers of consecutive dry days (CDD) are selected, and detailed analysis of their projected changes for the 21st century is discussed here. The main conclusion of the paper is that significant summer increase is very likely by 2071–2100 in Hungary, which highlights the projected summer drying trend of the region.

Az 1990-es évek végén nemzetközi összefogással alakult WMO-CCI/CLIVAR munkacsoport ajánlásai alapján definiált extrém éghajlati indexeket (Karl *et al.*, 1999) használtuk a hazai szélsőségek tendenciáinak elemzéséhez. Vizsgálataink során meghatároztuk számos extrém hőmérsékleti és csapadékindex XX. század második felére vonatkozó tendenciáit a Kárpát-medence térségére (Bartholy és Pongrácz, 2005; 2007). E számításokhoz a hazai és szomszédos országokbeli meteorológiai állomások mért adatait használtuk fel. Ugyanezen indexek idősorait előállítottuk számos regionális klímamodell szimulációit felhasználva is, például a PRUDENCE és az ENSEMBLES projekt keretében kapott szimulációknak a Kárpát-medence kivágatára vonatkozó mezősorai alapján (Bartholy *et al.*, 2008a; 2008b; Pongrácz *et al.*, 2009). E cikkben az ENSEMBLES-szimulációk (Van der Linden és Mitchell, 2009) alapján kapott eredményeket mutatjuk be.

A klímamodellek validációja során a szimulációkból származó éghajlati változók (pl. a hőmérséklet és a csapadék) outputmezőire meghatároztuk az évi, évszakos és havi átlagos értékeket az 1951–2000 időszakra. Ezeket az átlagmezőket összevetettük a mérések alapján összeállított E-OBS adatbázis (Haylock *et al.*, 2008) alapján számított átlagos mezőkkel. Az így kapott hibák azt jelzik, hogy mind a hőmérséklet, mind a csapadék esetén általában felülbecslés jellemző. A szimulált hőmérsékleti mezők térségünkben elsősorban a nyári félévben haladják meg a mérésekből származtatott átlaghőmérsékletet. Ezzel ellentétben a szimulált csapadékmezők nyáron jellemzően alulbecslik az E-OBS adatbázisból meghatározott havi átlagos csapadékot (Pongrácz *et al.*, 2011).

Tehát a különféle küszöbértékeket felhasználó éghajlati indexek számításához mindenképpen szükséges a szimulált idősorok statisztikai módszeren alapuló korrigálása. A hibakorrekciós eljárással megfelelő mértékben csökkentjük a meteorológiai mezősor hibáit. Erre a célra például egy olyan módszert alkalmazhatunk, mely a meteorológiai változók percentilis értékeinek kiszámításán és a szimulációból meghatározott eloszlásnak a megfigyelt eloszláshoz való illesztésén alapul (Formayer és Haas, 2009). A módszer lényege, hogy két adathalmaz statisztikai szempontból közel egyezőnek tekinthető, amennyiben eloszlásuk megegyezik (Déqué, 2007). Az eloszlásfüggvény alakjára nézve a módszer semmilyen előzetes feltételezést nem követel meg. Az eloszlások illesztéséhez használt függvényt többféle módon definiálhatjuk – jelen vizsgálataink során a hőmérséklet esetén additív, a csapadék esetén pedig multiplikatív összefüggést alkalmaztunk. A korrekciós faktorokat minden rácspontra, az év 12 hónapjára külön-külön meghatároztuk. Példaként az 1. ábrán mutatjuk be egy kiválasztott rácspont (47,625 É; 19,625 K) januári napi csapadék adataira vonatkozó hibakorrekció eredményességét. A bal oldali grafikonon az empirikus sűrűségfüggvényeket hasonlítjuk össze, a jobb oldalon pedig az ezekből származtatott empirikus eloszlásfüggvényeket. Jól látható, hogy a megfigyeléseken alapuló adatsor és a modell által szimulált eredeti idősor eloszlása jelentősen eltér egymástól. A hibakorrekció során a modell-szimuláció nyers outputjai alapján meghatározott empirikus eloszlásfüggvényt rásimítjuk az E-OBS-adatok empirikus eloszlásfüggvényére. Így az alkalmazott eljárást követően kapott korrigált szimulációs idősorból származtatott eloszlás már jó egyezést mutat a megfigyelt értékek



1. ábra: A megfigyelt (E-OBS), a szimulált és a korrigált adatsorok empirikus sűrűség- és eloszlásfüggvényei a (47,625 É; 19,625 K) földrajzi koordinátájú rácspont esetén, 1951–2000. januári napi csapadékmennyiségek alapján.

alapján megadható eloszlással, s az empirikus eloszlásfüggvények tökéletesen fedik egymást.

A korrigált hőmérsékleti idősorok alapján lehetőség van több hőmérsékleti éghajlati indexben valószínűsíthető változás becslésére. A hazánk térségében a jövőben várható egyértelmű melegedő tendencia az alacsonyabb hőmérséklettel kapcsolatos indexek (például a fagyos vagy a zord napok száma, azaz amikor $T_{\min} < 0^\circ\text{C}$, illetve -10°C) esetén csökkenő trendet prognosztizál. A melegebb éghajlati viszonyokat jellemző hőmérsékleti indexek (például a nyári vagy a hőség napok száma, azaz amikor $T_{\max} \geq 25^\circ\text{C}$, illetve 30°C) esetén pedig jelentős növekedésre számíthatunk (Piecza *et al.*, 2011).

A korrigált napi csapadék idősorokból meghatározhatjuk az extrém csapadék indexek évi és évszakos idősorát, s ez alapján becsülhetjük a várható jövőbeli változások tendenciáját. Az 1. táblázatban foglaljuk össze a magyarországi rácspontok átlagára vonatkozó szignifikáns trendeket, melyeket 11 regionális klímamodell-szimuláció elemzésével kaptunk öt éghajlati indexre. A felfelé, illetve lefelé mutató nyilak

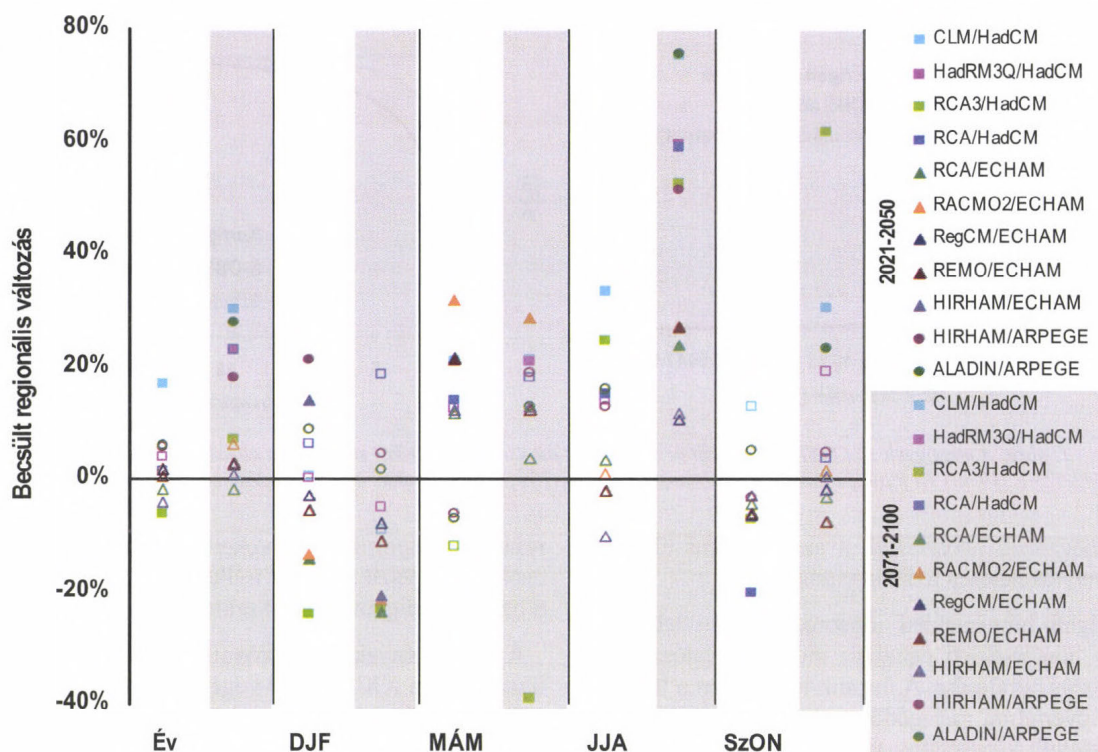
rendre a szignifikáns növekedést, illetve a szignifikáns csökkenést jelzik. A zöld nyilak az éghajlat nedvesebbé, a barnák pedig az éghajlat szárazabbá válására utalnak.

Az eredmények arra a következtetésre vezetnek, hogy hazánkban a XXI. század végére nyáron (továbbá kisebb mértékben ősszel és tavasszal) jellemzően szárazodásra számíthatunk, ugyanakkor a csapadékesemények valószínűsíthetően nagyobb intenzitásúak lesznek (főként ősszel). Télen szintén várhatóan intenzívebb lesz a csapadékhullás, de ebben az időszakban összességében is a csapadék növekedése prognosztizálható

A csapadékkal kapcsolatos vizsgált éghajlati indexek közül a csapadékmentes időszak hosszát jellemző CDD-re, vagyis az egymást követő száraz napok (amikor a napi csapadékösszeg nem éri el az 1 mm-t) maximális évi, évszakos számára vonatkozó kvantitatív elemzést mutatjuk be részletesebben. A 2. ábrán a magyarországi rácspontok értékei alapján az egyes szimulációkból meghatározott átlagos várható változások láthatók a XXI. század közepére és végére az 1961–1990 referencia időszakhoz viszonyítva. A 2071–2100

1. táblázat: Néhány csapadék index várható változása 2071–2100 időszakra 11 regionális klímamodell szimulációi alapján (a nyilak a szignifikáns változást adó modelleket jelzik, a referenciaidőszak: 1961–1990).

Index	Tavasz	Nyár	Ősz	Tél
CDD: Az egymást követő száraz napok maximális száma (amikor $R_{\text{nap}} < 1 \text{ mm}$)	↑↑↑↑↓	↑↑↑↑↑ ↑↑↑↑↑	↑↑↑↑	↓↓↓↓↓↓
RR1: Csapadékos napok száma (amikor $R_{\text{nap}} \geq 1 \text{ mm}$)	↓↓↓↓↓↓ ↓↓↓↑	↓↓↓↓↓↓ ↓↓↓↓↓↓ ↓	↓↓↓↓↓↓	↑↑↑↑↑
RR10: Nagy csapadéku napok száma (amikor $R_{\text{nap}} \geq 10 \text{ mm}$)	↑	↓↓↓↓↓↓ ↓↓↓	↑↑↑↑↑↑ ↑↑↑	↑↑↑↑↑↑ ↑↑↑↑↑↑
RX1: 1 nap alatt lehullott max. csapadékösszeg ($R_{\text{max},1\text{nap}}$)	↑↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑↑↑↑ ↑↑↑	↑↑↑↑↑↑ ↑↑↑↑↑↑
SDII: Csapadékontenzitás, a csapadékos napok átlagos csapadéka ($R_{\text{sum}}/\text{RR1}$)	↑↑↑↑↑↑	↑↑↑↑↑↓	↑↑↑↑↑↑ ↑↑↑↑↑↑	↑↑↑↑↑↑ ↑↑↑↑↑↑



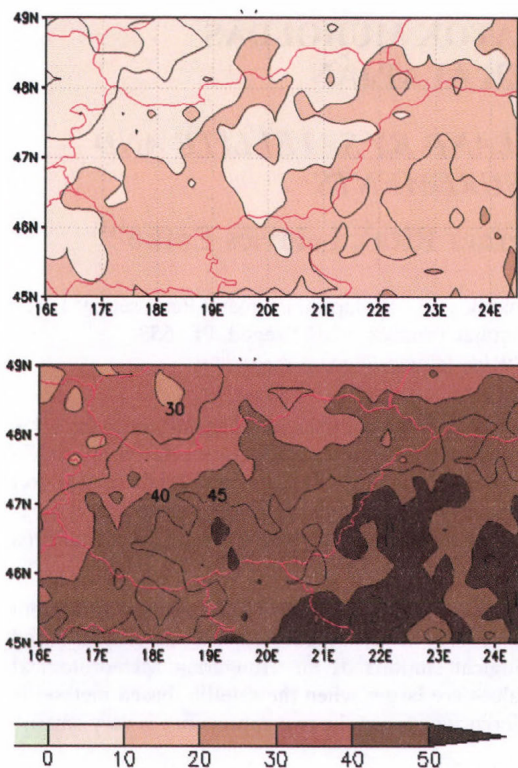
2. ábra: A maximális száraz időszak hossza (CDD) index évi és évszakos értékeinek várható átlagos változása Magyarország területén 2021–2050 és 2071–2100 közötti időszakra (referenciaidőszak: 1961–1990).

időszakra vonatkozó eredményeket szürke háttér emeli ki. A t-próba alapján a 95%-os szinten szignifikáns becslült változásokra a beszínezett szimbólumok utalnak.

A regionális klímamodellek kezdeti- és oldalsó peremfeltételeit három különböző globális klímamodellel szolgáltatta: a hamburgi ECHAM, a brit HadCM és a francia ARPEGE. A grafikonon ezeket rendre háromszög, négyzet, illetve kör jelöli. A jelmagyarázatban a meghajtott globális modelleket is jelezzük a regionális klímamodellel megnevezése után; ebből jól látható, hogy az általunk vizsgált 11 modellszimuláció közül két-két esetben ugyanazt a regionális klímamodellel (az RCA-t és a HIRHAM-ot) más-más globális meghajtott modellel is futtatták.

Az eredmények alapján Magyarországon évi átlagban nagyrészt a CDD növekedésére számíthatunk: a távolabbi jövőben öt modellszimuláció (az ARPEGE és a HadCM által meghajtott regionális klímamodellek többsége) szerint lesz ez a változás szignifikáns, mintegy 10–30%-os. A becslült évszakos változásokat sorra véve, télen a modellszimulációk többsége csökkenő trendet valószínűsít 2071–2100-ra. A HIRHAM/ECHAM, a RACMO2 és az RCA/ECHAM is szignifikáns csökkenést prognosztizál, amelynek mértéke meghaladja a 20%-ot. A 2021–2050-re becslült változás nagyobb bi-

zonytalanságú, a szignifikáns változást jelző modellek eredményei ellentétes előjelűek. Ennek oka az, hogy a csapadék mind térben, mind időben rendkívül változékony meteorológiai elem, ezért nagy a szórás és az éghajlati becslések bizonytalansága. Tavasszal feltehetőleg mindkét időszakban meg fog növekedni az egymást követő száraz napok maximális száma, a statisztikailag szignifikáns becslések szerint mintegy 20–35%-kal. Ősszel csupán három modellszimuláció feltételez szignifikáns változást: a CLM és az ALADIN 20–25%-os, az RCA3 pedig kb. 60%-os növekedést jelez a XXI. század végére. Nyáron 2021–2050-re még nem szignifikáns a modellek által becslült növekedések többsége, de 2071–2100-ra minden modellszimuláció egyértelműen a CDD értékének növekedését valószínűsíti, s ezek nagy többsége 95%-os szinten szignifikáns. A legnagyobb mértékű (70–80%) növekedést a CLM és az ALADIN szimulációi jelzik. A 11 modellszimuláció alapján a két célidőszakra vonatkozó, nyárra számított átlagos várható változás térbeli szerkezetét hasonlíthatjuk össze a 3. ábra kompozittérképein. Az évszázad közepére 10%-os a hazánk területére becslült átlagos növekedés, mely az évszázad végére mintegy 43%-ká fokozódik. Láthatjuk, hogy az index értékeiben prognosztizált változások mértéke északnyugatról délkeletre haladva nő.



3. ábra: A maximális száraz időszak hossza (CDD) index várható átlagos változása (%) nyáron 2021–2050 (fent) és 2071–2100 (lent) időszakra 11 regionális modellszimuláció alapján (referencia-időszak: 1961–1990).

Köszönetnyilvánítás

Kutatásainkat támogatta az Európai Unió és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával az „Európai Léptékel a Tudásért, ELTE-TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0003. A felsőoktatás minőségének javítása a kutatás-fejlesztés-innováció-oktatás fejlesztésén keresztül” pályázat, az OTKA K-78125 számú pályázata, az Európai Regionális Fejlesztési Alap által támogatott CCWATERS projekt (SEE/A/022/2.1/X), az SH/2/1 számú svájci-magyar közös kutatási program keretében megvalósuló Felső-Tisza árvíz megelőzési rendszer fejlesztési projektje, a FuturICT.hu TÁMOP 4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0013, a KMR_12-1-2012-0206 és a GOP-1.1.1.1.-11-2012-0164 kutatási pályázatok valamint az EU VI. keretprogram CECILIA projektje (GOCE-037005).

Irodalom

- Bartholy, J. és Pongrácz, R., 2005: Néhány extrém éghajlati paraméter globális és a Kárpát-medencére számított tendenciája a XX. században. *AGRO-21 Füzetek* 40, 70–93.
- Bartholy, J. and Pongrácz, R., 2007: Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change* 57, 83–95.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Gelybó, Gy. and Szabó, P., 2008a: Analysis of expected climate change in the Carpathian basin using the PRUDENCE results. *Időjárás* 112, 249–264.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Gelybó, Gy. és Szabó, P., 2008b: Milyen mértékű változás várható a Kárpát-medence éghajlati szélsőségeiben a XXI. század végére? *Léggör* 53/3, 19–23.
- Déqué, M., 2007: Frequency of precipitation and temperature extremes over France in an anthropogenic scenario: Model results and statistical correction according to observed values. *Global and Planetary Change* 57, 16–26.
- Formayer, H. and Haas, P., 2009: Correction of RegCM3 model output data using a rank matching approach applied on various meteorological parameters. In: Deliverable D3.2 RCM output localization methods (BOKU-contribution of the FP 6 CECILIA project). <http://www.cecilia-eu.org/>
- Haylock, M.R., Hofstra, N., Klein Tank, A.M.G., Klok, E.J., Jones, P.D. and New, M., 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. *J. Geophys. Res (Atmospheres)* 113, D20119, DOI:10.1029/2008JD10201
- Karl, T.R., Nicholls, N. and Ghazi, A., 1999: Climate/IGOS/WMO Workshop on Indices and Indicators for Climate Extremes Workshop Summary. *Climatic Change* 42, 3–7.
- Van der Linden, P. and Mitchell, J.F.B., 2009: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK. 164p.
- Pieczka, I., Pongrácz, R., Bartholy, J., Kis A. és Miklós, E., 2011: A szélsőségek várható alakulása a Kárpát-medence térségében az ENSEMBLES projekt eredményei alapján. In: 36. Meteorológiai Tudományos Napok - Változó éghajlat és következményei a Kárpát-medencében. (Szerk.: Lakatos M.) Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. 77–87. CD ROM <http://www.met.hu/pages/seminars/metnap36/MetNapok2010.pdf>
- Pongrácz, R., Bartholy, J., Szabó, P. and Gelybó, Gy., 2009: A comparison of observed trends and simulated changes in extreme climate indices in the Carpathian basin by the end of this century. *International Journal of Global Warming* 1, 336–355.
- Pongrácz, R., Bartholy, J. and Miklós, E., 2011: Analysis of projected climate change for Hungary using ENSEMBLES simulations. *Applied Ecology and Environmental Research* 9, 387–398.

VÁROSI HŐSZIGET VIZSGÁLATOK MŰHOLDAS ÉS ÁLLOMÁSI MÉRÉSEK ALAPJÁN

INVESTIGATION OF URBAN HEAT ISLAND BY SATELLITE AND SURFACE-BASED MEASUREMENTS

Dezső Zsuzsanna¹, Bartholy Judit¹, Pongrácz Rita¹, Lelovics Enikő^{1,2}

¹ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.

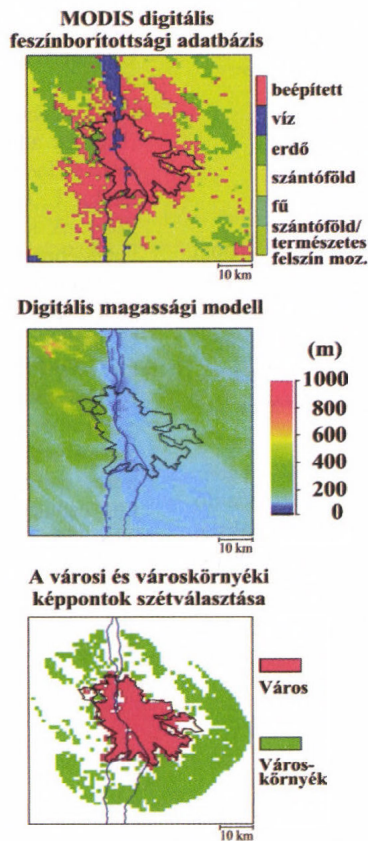
²Szegedi Tudományegyetem TTK Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, 6701 Szeged, Pf.: 653.

tante@ludens.elte.hu, bartholy@elte.hu, prita@elte.hu, lelovics@geo.u-szeged.hu

Összefoglalás: A budapesti agglomerációra vonatkozóan két különböző technika alkalmazását hasonlítjuk össze a városi hősziget-hatás jellemzésére. A vizsgálatok során egyrészt műholdas MODIS mérésekből származtatott felszínhőmérsékletet, másrészt az áthaladások idejére az Országos Meteorológiai Szolgálat automata méréseiből leválasztott léghőmérsékletet alkalmazunk. Eredményeink azt mutatják, hogy nappal a műholdas adatok figyelembevételével meghatározott városi hősziget-hatás intenzívebb, mint az állomási mérések alapján számított; éjszaka viszont nincs jelentős különbség a kétféle módszerrel kapott intenzitásértékek között.

Abstract: Urban heat island (UHI) is analyzed and compared for the Budapest agglomeration area using two different techniques, which focus on satellite-based surface temperature available from MODIS measurements and ground-based air temperature gained from six automatically operating climatological stations of the Hungarian Meteorological Service. The results conclude that during day-time UHI intensity values are larger when the satellite-based method is used than the ground-based measurements; during night-time the difference between the two approaches is very small.

Bevezetés. A városokban az emberi tevékenység környezetre gyakorolt hatása koncentráltan érvényesül: nagymértékben megváltozik a felszín arculata, módosul a légkör összetétele, s ezek következtében a helyi klíma is jelentősen eltér a természetes viszonyoktól. Az elmúlt évtizedben a városi népesség növekedésén túl a települések szerkezete is jelentősen megváltozott. Sok helyen új lakónegyedek, bevásárlóközpontok, ipari üzemek épültek, ami a mesterséges felszínek növekedését vonta maga után. E mesterséges felszínek sugárzási tulajdonságai, valamint az antropogén tevékenységek által kibocsátott többlet energia miatt a városi térség hőmérséklete számottevően nagyobb környezeténél. Ezt a városi hősziget-jelenséget leggyakrabban a városi és városkörnyéki hőmérséklet különbségeként definiálható intenzitással jellemezhetjük. A meghatározásához világszerte többféle mérési módszer alkalmaznak, pl. hagyományos, 2 méteres magasságban végzett léghőmérsékleti méréseket, műholdas felszínhőmérsékleti méréseket, gépkocsi-val végzett méréseket, illetve repülőgépes méréseket. Fontos hangsúlyozni,



1. ábra: A városi és városkörnyéki képpontok szétválasztásának menete Budapest példáján.

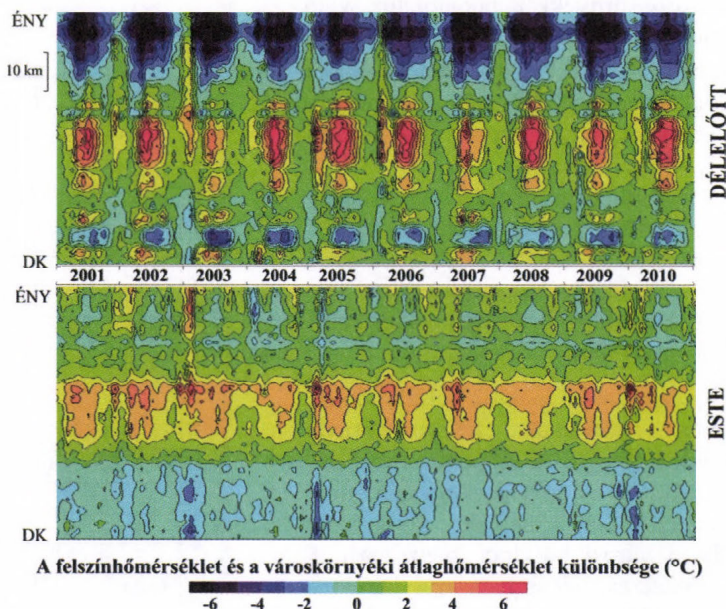
hogy a különböző módszerekkel végzett mérésekből meghatározott városi hősziget intenzitása lényegesen eltér egymástól (Voogt és Oke, 2003). A hősziget-intenzitás maximuma a földfelszíni mérések esetében napnyugta után néhány órával következik be, míg a műholdas mérések esetében ez a déli, kora délutáni órákra tehető. Az ELTE Meteorológiai Tanszékén több mint egy évtizede folyó városklimatológiai kutatások célja elsősorban a városi hősziget szerkezetének, időbeli menetének, s a helyi települési sajátosságoknak a vizsgálata (pl.: Dezső et al., 2005; Bartholy et al., 2009; Pongrácz et al., 2006; 2009; 2010) hazánk tíz legnagyobb városára (Budapest, Debrecen, Miskolc, Szeged, Pécs, Győr, Nyíregyháza, Kecskemét, Székesfehérvár, Szombathely), valamint Közép-Európa kilenc nagyvárosára (Bukarest, Varsó, Bécs, Milánó, München, Prága, Szófia, Belgrád, Zágráb) vonatkozóan. Vizsgálatainkhoz elsősorban finom felbontású műholdas felszínhőmérsékleti adatokat használunk. Budapest esetében

eredményeinket összehasonlítottuk a rendelkezésre álló állomási légghőmérsékleti mérésekkel is (Lelovics *et al.*, 2011).

Adatok és módszerek. Az amerikai NASA Földmegfigyelési programja keretében bocsátották kvázipoláris pályára a Terra (1999), majd az Aqua (2002) nevű műholdat, melyek mindegyikén megtalálható a 36 különböző hullámhossztartományban méréseket végző MODIS szenzor. Elemzéseinkhez az ezekből meghatározott 1 km felbontású felszínhőmérsékleti, felszín-borítottsági és vegetációs index adatsorokat használtuk fel, melyek a Land Processes Distributed Active Archive Center (Földfelszíni folyamatok adatainak aktív archiváló központja) elnevezésű adatközponton keresztül érhetők el. Az itt bemutatott vizsgálataink a Terra/MODIS adatok esetében a 2001. január 1. és 2010. december 31., az Aqua/MODIS adatok esetében a 2003. január 1. és 2010. december 31. közötti időszakra terjedtek ki. Így a 2001–2002 közötti időszakban napi kettő, ezt követően pedig napi négy mérés állt rendelkezésünkre.

A műholdas felszínhőmérsékleti méréseken alapuló városi hősziget-vizsgálatoknál jelentős adathiányt eredményez az, hogy felhős időben a szenzor csak a felhőtető hőmérsékletét tudja érzékelni. Vizsgálataink során csak azokra a napokra vonatkozóan határoztuk meg a városi hősziget intenzitását, melyeken a városi képpontoknak legalább a fele felhőmentes volt a MODIS felvételeken. A magyar városok esetében az összes lehetséges nap 37–47%-án használhatók a műholdas felszínhőmérsékleti adatok a városi hősziget vizsgálatára. A használható adatok éven belüli eloszlása nem egyenletes, a téli hónapokban csupán 5–10, nyáron viszont 15–25 napon áll rendelkezésre használható műholdkép. Bár a hagyományos földfelszíni városklimatológiai mérőállomások mérései minden nap tetszőleges időpontban rendelkezésre állnak, de az állomások sűrűsége soha nem lesz olyan nagy, mint a műholdfelvételek térbeli felbontása. A repülőgépes illetve földfelszíni mobil mérések jó térbeli felbontásúak, de nagy költségigényük miatt hosszú távon nem lehet azokat megfelelő gyakorisággal végezni. A műholdas adatok felhasználhatóságát alátámasztja az is, hogy a hősziget kialakulásának kedvez a szélcsendes, derült időjárás, így az intenzív hősziget-jelenségek jól tanulmányozhatók e módszerrel.

Vizsgálataink során az adatgyűjtést, a hibás, felhős képek kiszűrését követően meghatároztuk, hogy az egyes városok a műholdfelvételeken pontosan hol helyezkednek el, majd a teljes adatbázisból leválasztottuk



2. ábra: A havi átlagos városi hősziget ÉNY-DK-i keresztmetszeti képe Budapest esetén (a Terra/MODIS 2001–2010 közötti felszínhőmérsékleti mérései alapján).

a városokat és azok környékét tartalmazó kivágatokat. A kivágat mérete Budapest esetében 65x65 pixel.

Az adatfeldolgozás következő lépése a városi és városkörnyéki képpontok meghatározása (1. ábra). Ehhez felhasználtuk a MODIS felszín típusok adatbázisát, a Google Earth műholdkép-adatbázist, valamint a GTOPO30 Digitális Terepmodellt. A Google Earth adatbázis műholdfelvételei lehetővé teszik a beépített és nem beépített területek vizuális elkülönítését. Ezek felhasználásával minden egyes városra lehatároltuk azt a területet, ami a város közigazgatási határán belül ténylegesen beépített. Ezt a kontúrt illesztettük rá az 1 km-es térbeli felbontású rácsra, és megszámláltuk, összesen hány képpont található a kontúr belsejében. Ezután meghatároztuk a város „átlagos sugarát”, amit a városhatáron belüli képpontok száma és π hányadosának négyzetgyökeként definiáltunk. Ez a mennyiség azt fejezi ki, hogy mekkora lenne a város sugara, ha a város pontosan kör alakú lenne. A GTOPO30 adatbázist a jelentős magassági különbségek kiszűrésére használtuk.

A városi képpontok közé azok a pontok tartoznak, melyek a következő három feltétel mindegyikének megfelelnek:

- a Google Earth adatbázis alapján meghatározott beépítettség határon belül találhatók,
- a MODIS felszín típus adatbázisban a beépített terület kategóriába esnek,
- tengerszint feletti magasságuknak az előző két feltételnek megfelelő képpontok átlagos tengerszint feletti magasságától való eltérése nem nagyobb, mint ± 50 m.

A városkörnyéki képpontokhoz való tartozás feltételei:

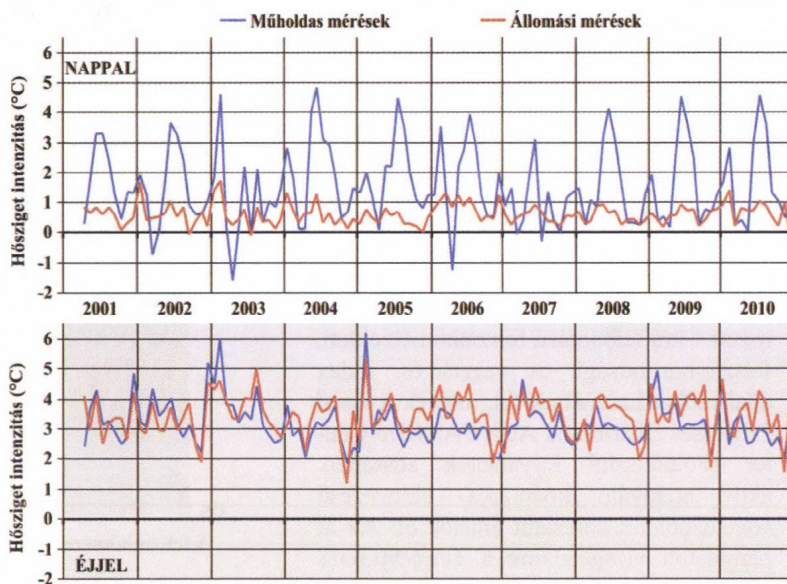
- távolságuk a Google Earth adatbázis alapján meghatározott beépítettségi határtól nem nagyobb, mint a város „átlagos sugara”,
- felszíntípusuk nem tartozik a beépített terület és a víz típusához,
- tengerszint feletti magasságuknak a város átlagos tengerszint feletti magasságától vett eltérése nem nagyobb, mint ± 100 m.

Az így kapott pontok felszínhőmérsékleti adatainak felhasználásával minden városra és időpontra meghatároztuk a városi és városkörnyéki átlaghőmérsékletet, melyek különbsége adja a városi hősziget intenzitását. E paraméterek felhasználásával tanulmányozható a hősziget, valamint a különböző felszíni és meteorológiai paraméterek kapcsolata, a hősziget napszaktól, évszaktól és városmérettől való függése, továbbá annak szerkezete és keresztmetszete.

Eredmények. A műholdas felszínhőmérsékleti mérések egyedülálló lehetőséget nyújtanak a városi hősziget térbeli szerkezetének és időbeli menetének együttes elemzésére. A 2. ábra Budapest ÉNY-DK-i keresztmetszete mentén mutatja be a felszínhőmérsékletnek a városkörnyéki átlaghőmérséklettől vett eltérését, illetve ennek időbeli alakulását. A délelőtti képen (az ábra felső részén) megfigyelhető a városi hősziget intenzitásának nyári maximuma, aminek értéke az egyes években különböző volt. A legtöbb évben, a belvárosban a felszínhőmérséklet városkörnyéki átlaghőmérséklettől vett eltéréseinek havi átlaga bizonyos nyári hónapokban a 6°C -ot is meghaladta. Ez az állapot 2005-ben, 2008-ban és 2010-ben állt fenn a leghosszabb ideig, ekkor három hónapon keresztül haladta meg a 6°C -ot a városi hősziget havi átlagos intenzitása a centrumban.

Két olyan év is volt, amikor a műholdas felszínhőmérsékleti mérések alapján a többi évhez viszonyítva kisebb hősziget-intenzitást detektáltunk: 2003-ban és 2007-ben. Ekkor a belvárosban a városkörnyéki átlaghőmérséklethez viszonyított anomália nyáron is csak $4\text{--}5^\circ\text{C}$ körül alakult, és ez az intenzitás kisebb területen, rövidebb ideig állt fenn.

Ennek hátterében az akkori időjárási viszonyok állnak: a nyári hónapokban a hőmérséklet jóval az átlag felett, a csapadék mennyisége pedig az alatt alakult. Ez azt eredményezte, hogy a városon kívül sem állt rendelkezésre megfelelő mennyiségű nedvesség a párolgáshoz, így a városkörnyéki területek az átlagosnál jobban felmelegedtek. Tehát valójában nem a város volt hűvösebb, hanem a



3. ábra: Budapest nappali és éjszakai havi átlagos városi hősziget intenzitási idősorainak összehasonlítása a műholdas felszínhőmérsékleti és az állomási léghőmérsékleti mérések felhasználásával, 2001–2010.

környék volt melegebb, ami e két térség átlaghőmérséklet-különbségének csökkenéséhez vezetett. Az esti idősor (az ábra alsó részén) kiegyenlítettebb képet mutat. Itt is megfigyelhető, hogy a hősziget a téli félévben némileg visszahúzódik, de a téli és a nyári időszak között kisebb a különbség, mint nappal.

A tanszéki kutatások keretében elvégeztük a műholdas felszínhőmérsékleti mérések és az állomási léghőmérsékleti idősorok közötti összehasonlító elemzést Budapesten (Lelovics *et al.*, 2011). Számításainkhoz az Országos Meteorológiai Szolgálat által 2001–2010 időszakban végzett óránkénti méréseket használtuk fel, melyek négy budapesti mérőállomásról (Újpest, Kitaibel Pál utca, Lágymányos, Pestszentlőrinc), valamint a Pest megye délkeleti, illetve északkeleti részén található Kakucsról és Pencről állnak rendelkezésre. Általánosságban elmondhatjuk, hogy a műholdas felszínhőmérsékleti mérések nappal meghaladják az állomási léghőmérséklet értékeit, éjszaka viszont fordított a helyzet (Lelovics *et al.*, 2011) – s ez egyértelműen a két mérési módszer közötti különbség eredménye.

Vizsgálataink alapján a fővárostól valamelyest távolabb fekvő két mérőállomás idősorából képzett átlag jól reprezentálja a városkörnyéki térség hőmérsékleti viszonyait. Ezért a városi hősziget intenzitásának jellemzésére alkalmazott definícióban a négy budapesti mérőpont hőmérsékleti értékének átlaga, valamint Kakucs és Penc hőmérsékleti értékének átlaga közötti különbséget tekintettük. A műholdas felszínhőmérséklet esetén a hat felszíni mérőállomáshoz legközelebb eső egy-egy rácsponthoz tartozó távérzékelési méréseket vettük

figyelembe a számítások során. A két módszerrel kapott havi átlagos intenzitás-idősorok összehasonlítása a 3. ábrán látható. A felső grafikonról leolvasható, hogy nappal az állomási mérésekből meghatározott intenzitás értékek 0 °C és 2 °C között mozognak, a teljes 2001–2010 időszakra vonatkozó átlagos érték 0,6 °C. A legnagyobb értékek télen és nyáron fordulnak elő. A műholdas mérések felhasználásával kapott hősziget-intenzitás változékonysága nagyobb, a nyári hónapokban az intenzitás értéke meghaladhatja akár a 3–4 °C-ot, míg a teljes 10 éves időszakra vonatkozó átlagérték 1,6 °C. A legkisebb intenzitás értékek tavasszal és ősszel jelentek meg, olyan évek (pl.: 2002, 2003, 2006) is előfordultak, amikor az intenzitás negatív volt ezekben a hónapokban, mely a városkörnyéki felszín gyorsabb melegedésére utal. A 3. ábra alsó grafikonja azt jelzi, hogy az éjszakai időszakra vonatkozóan a két módszer közötti eltérések sokkal kisebbek, mint a nappali időszakban. A korrelációs együtthatók is ezt igazolják (0,7 az éjszakai idősorok esetén, s 0,5 nappalra). A teljes 2001–2010 időszakra számított átlagos intenzitás a műholdas mérések alapján 3,2 °C, az állomási mérések alapján 3,4 °C – vagyis a hagyományosnak tekinthető, léghőmérsékletből számított hősziget valamelyest nagyobb intenzitású, mint a távérzékelte felszínhőmérséklet által meghatározott hősziget.

Köszönetnyilvánítás

Kutatásainkat támogatta az Európai Unió és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával az „Európai Léptékel a Tudásért, ELTE-TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0003. A felsőoktatás minőségének javítása a kutatás-fejlesztés-innováció-oktatás fejlesztésén keresztül” pályázat, az OTKA T-034867, K-67626, K-78125 számú pályázatait, FuturICT.hu TÁMOP 4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0013, a KMR_12-1-2012-0206 és a GOP-1.1.1.1.-

11-2012-0164 kutatási pályázatok, valamint a Magyar Űrkutatási Iroda TP-241, TP-258, TP-287, TP-338 számú pályázatait. A felhasznált műholdas adatokat az Amerikai Egyesült Államok Geológiai Hivatalának „Land Processes Distributed Active Archive Center” (LP DAAC) adatközpontja bocsátotta rendelkezésünkre (lpdaac.usgs.gov).

Irodalom

- Aqua, 2002: *Science writers' guide to Aqua*. NASA Goddard Space Flight Center, Earth Observing System Project Science Office, Greenbelt, 40p.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Lelovics, E. and Dezső, Zs., 2009: Comparison of urban heat island effect using ground-based and satellite measurements. *Acta Climatologica et Chorologica Universitatis Szegediensis* 42–43, 7–15.
- Dezső, Zs., Bartholy, J. and Pongrácz, R., 2005: Satellite-based analysis of the urban heat island effect. *Időjárás* 109, 217–232.
- Lelovics E., Pongrácz R., Bartholy J. és Dezső Zs., 2011: Budapesti városi hősziget elemzése: műholdas és felszíni mérések összehasonlítása. *Léggör* 56, 55–59.
- Pongrácz, R., Bartholy, J. and Dezső, Zs., 2006: Remotely sensed thermal information applied to urban climate analysis. *Advances in Space Research* 37, 2191–2196.
- Pongrácz R., Bartholy J., Dezső Zs. and Lelovics E., 2009: Urban heat island effect of large Central European cities using satellite measurements of surface temperature. 89th AMS Annual Meeting/8th Symposium on the Urban Environment. <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/147113.pdf>. Phoenix, AZ. Paper 1.5, 3p.
- Pongrácz, R., Bartholy, J. and Dezső, Zs., 2010: Application of remotely sensed thermal information to urban climatology of Central European cities. *Physics and Chemistry of Earth* 35, 95–99.
- Terra, 1999: *Science writers' guide to Terra*. NASA Goddard Space Flight Center, Earth Observing System Project Science Office, Greenbelt, 27p.
- Voogt, J.A. and Oke, T.R., 2003: Thermal remote sensing of urban climate. *Remote Sensing of Environment* 86, 370–384.

KISLEXIKON POCKET ENCYCLOPAEDIA

Folytatás a 187. oldalról

kvázipoláris műhold, napszinkron műhold olyan mesterséges égitest, amelynek pályája az Északi-, és Déli-sark fölött halad el. Egy adott terület fölött naponta kétszer halad át. Területi felbontása nagy, valamennyi sávban közel 1 km. (Weidinger T.: *Mikrometeorológiai mérések az ELTE Meteorológia Tanszékén*)

liziméter, *evapotranszpirométer*, *evapotranspirométer*, a csupasz vagy növényzettel borított talaj vízforgalmának mérésére szolgáló eszköz. (Weidinger T.: *Mikrometeorológiai mérések az ELTE Meteorológia Tanszékén*)

mélykonvekció a légréteg rendezett vertikális mozgása, amely a hő, a vízgőz és az impulzus függőleges átvitelét eredményezi a talajtól az 500 hPa-t meghaladó magasságig. Nagy vertikális

kiterjedésű, akár csapadékot is okozó gomolyfelhők, zivatarfelhők jellemzik. (Ács F., Breuer H.: *A talaj szerepe a meteorológiában és a klimatológiában*)

periodogram a megfigyelt adatok idősorában talált különböző hosszúságú amplitúdók grafikus ábrázolása. Az abszcissza tengelyen a periódusok frekvenciája, az ordináta tengelyen a periódusok amplitúdója szerepel. (Matyasovszky I.: *Néhány statisztikus módszer az elméleti és alkalmazott klimatológiai vizsgálatokban*)

folytatás a 161. oldalon

MIKROMETEOROLÓGIAI MÉRÉSEK AZ EU FP6 NITROEUROPE PROGRAMBAN – AZ ELTE METEOROLÓGIAI TANSZÉK RÉSZVÉTELE

MICROMETEOROLOGICAL MEASUREMENTS IN THE EU FP6 NITROEUROPE PROGRAM – ROLE OF ELTE, DEPARTMENT OF METEOROLOGY

Weidinger Tamás¹, Horváth László², Kiss Győző¹, Takács Zita¹, Pogány Andrea³, Bozóki Zoltán³, Mohácsi Árpád³, Bordás Árpád¹, Machon Attila⁴, Istenes Zoltán⁵, Grosz Balázs¹, Gyöngyösi András Zénó¹, Eredics Attila⁶

¹ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.

²Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1181 Budapest, Gilice tér 39.

³Szegedi Egyetem Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, 6720 Szeged, Dóm tér 9.

⁴ELTE Környezettudományi Centrum, 1117 Budapest Pázmány Péter s. 1/A.

⁵ELTE Informatikai Kar, Programozásmélet és Szoftvertchnológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter s. 1/C.,

⁶Nyugatmagyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet, 9400 Sopron, Cházár András tér 1.

weidi@ludens.elte.hu, horvath.l@met.hu, kiss.sprinter@gmail.com, tazit86@gmail.com, andrea@titan.physx.u-szeged.hu, zbokoki@physx.u-szeged.hu, mohacsi@titan.physx.u-szeged.hu, abordas@caesar.elte.hu, machon@caesar.elte.hu, istenes@inf.elte.hu, grosz@mail.datanet.hu, zeno@nimbus.elte.hu, aeredics@yahoo.com

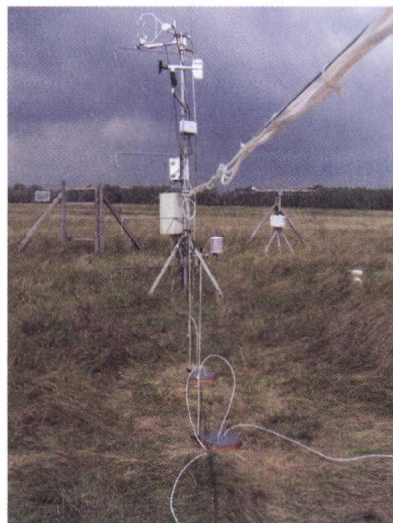
Összefoglalás: A mikrometeorológiai kutatások fontos eleme a felszín energia-háztartásának, illetve a nyomanyagok turbulens kicserélődési folyamatainak meghatározása, az ökológiai rendszerek anyagmérlegeinek a számítása. Az ELTE Meteorológiai Tanszékének közreműködésével kialakított hazai mérőrendszer az ilyen kutatásokban való részvétel segíti, amit az EU FP6 NitroEurope programhoz (2006–2011) kapcsolódó hazai mérések és a 2009-es dániai mérési expedíció bemutatásán keresztül szemléltetünk.

Abstract: Investigations of surface energy budget components, turbulence exchange processes of trace gases and material budgets of different types of ecological systems play important role in micrometeorology. A micrometeorological measurement system developed by contribution of Department of Meteorology facilitates participation in such researches, which are illustrated by a few results from the EU FP6 NitroEurope project (2006–2011).

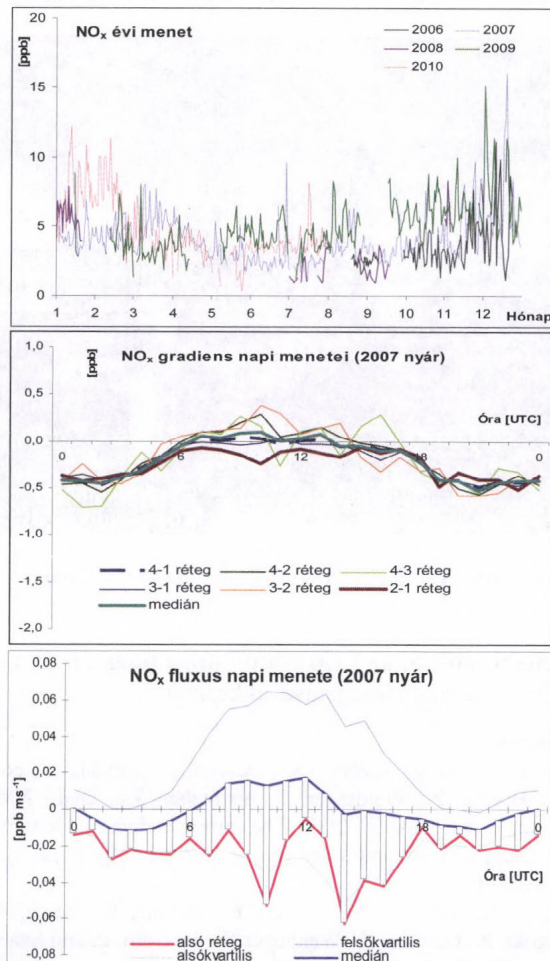
Bevezetés. Az EU FP6 NitroEurope (2006–2011) programban 69 intézmény vett részt. A cél a különböző ökoszisztémák (mezőgazdasági területek, legelők, vizes élőhelyek, erdők) nitrogénforgalmának meghatározása volt európai léptékben (Sutton *et al.*, 2011). Magyarországról négy intézmény: az Erdészeti Tudományos Intézet (ERTI), a Szegedi Tudományegyetem (SZTE), a Szent István Egyetem (SZIE) és az ELTE Meteorológiai Tanszéke kapott meghívást a programba. Az ELTE Meteorológiai Tanszék részt vett a bugaci mérőhely kialakításában és a nyomanyag mérések feldolgozásában. Elsőként a bugacpusztai NO_x mérések kiértékelésével foglalkozunk, majd a NitroEurope program keretében végzett dániai expedíciós mérések eredményeiről számolunk be.

Nyomanyag gradiensek és fluxusok. Tizenhárom európai mérőhelyen folytak a nitrogén-mérleg minden komponensére kiterjedő mérések. Ezek közül az egyik mérőhely a természetközeli gazdálkodást reprezentáló bugaci homokpuszta gyepe volt. A légköri nyomgázok közül az ammónia mellett folyamatosan mértük az O₃, NO és az NO_x koncentráció profilját. Az O₃, NO, NO_x mérése a 0,4–3,5 m-es rétegben történt 2006 és 2010 között (az 1. ábrán a levegőminta beszívócsöveit látjuk). A HORIBA gyártmányú mérőműszerek egy zárt – mobil klímával ellátott – faházban voltak elhelyezve. Az egyforma hosszúságú tefloncsöveket a logaritmi-

kushoz közeli koncentráció-profil feltételezésével helyeztük el 0,4 m; 1,1 m; 2,1 m és 3,5 m magasságban. Az egyes mérési szinteket 5 perces időközönként váltotta egy szeleprendszer órás ciklusban, amit egy Campbell 21X mérésadatgyűjtő vezérelt. A felszíni



1. ábra: A bugaci mérőhely. Előtérben a két dinamikus mérőkamra, a mikrometeorológiai mérőoszlop és háttérben a sugárzási egyenleg komponenseinek meghatározására szolgáló oszlop (Horváth László felvétele).



2. ábra: Az NO_x koncentrációk évi menete (fent), az egyes alrétegekben mért NO_x logaritmusos koncentráció gradiensek ($\Delta c/\Delta n_z$) átlagos napi menete (középen) és az NO_x turbulencia áramának átlagos napi menete (lent) 2007 nyarán (JJA) a bugacpusztai gradiensmérések alapján. Alsó réteg: 0,4–1,1 m (Takács, 2011).

A medián, az alsó és a felső kvartilis kiszámításánál mind a 6 alréteg alapján számított fluxust figyelembe vettük az adott órában (0,4–1,1 m; 0,4–2,1 m; 0,4–3,5 m; 1,1–2,1 m; 1,1–3,5 m; 2,1–3,5 m).

energiamérleg komponenseket és a meteorológiai állapothatározókat 30 perces átlagolási idővel mérték a SZIE munkatársai. A turbulencia karakterisztikáit (u^* , T^* , L) a CSAT3 ultrahang (vagy szónikus, még precízebben ultraszónikus) anemométer adataiból nyertük (Nagy *et al.*, 2007). A térfogatáram és az egyforma hosszú tefloncsöveken áthaladó levegő útját figyelembe véve az első két perc mérési adatait nem vettük számításba az egyes szintek koncentráció értékeinek a meghatározásakor (kb. ennyi idő szükséges ahhoz, hogy a rendszer átmosódjon). Az eredmények közül az NO_x koncentrációk, a koncentráció gradiensek, illetve a Monyin–Obuhov-féle hasonlósági elmélet alapján meghatározott fluxusok meneteit mutatjuk be (2. ábra).

Jól látszik i) a koncentrációk jellegzetes évi menete (nyári minimum, téli maximum), ii) az évek közötti változékonyság, illetve iii) a gradiensek és így a fluxusok meghatározásában rejlő bizonytalanság (az egyes alrétegek fluxusaiból számított medián, illetve az alsó (0,4–1,1 m) réteg alapján számított fluxusok közötti nagy eltérés). A legnagyobb NO_x fluxusokat nyáron, illetve nappal mérhetjük. Az interkvartilis félterjedelem nagy értékei a napok közötti változékonyságról, illetve a gradiens módszer alkalmazásának korlátairól tájékoztatnak. Az eredmények csak nagyságrendi becslésekre alkalmazhatók (Weidinger *et al.*, 2011).

A dániai mérési expedíció (Bjerringbro, 2009). A hazai mérések mellett meghívást kaptunk a tájleptékű nitrogénmérleg modellezéshez kapcsolódó dániai NitroEurope expedíciós mérési programra 2009 tavaszán. A mérés a Bjerringbro várostól délre Sahl községtől nem messze (Közép-Jutland régió) egy mezőgazdasági területen zajlott, ahol nagyrészt repcét, búzát és árpát termesztettek. A cél egy komplex mezőgazdasági terület (szántóterületek, farm, állattartó telepek, kis vízfolyások, rét, erdő) nitrogén-mérlegének vizsgálata volt, figyelembe véve a trágyázás hatását, a talajba és a területen átfolyó patakba jutó nitrogénkomponensek mennyiségét.

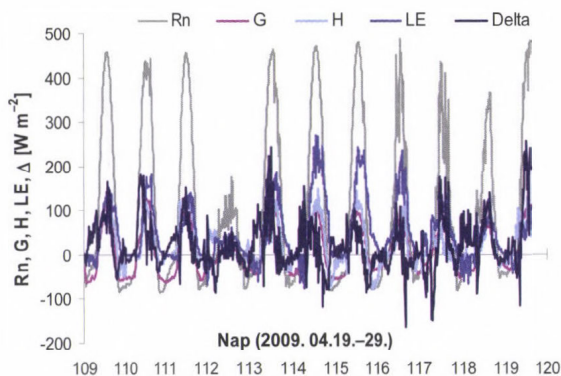
A nemzetközi együttműködésben zajló programban mezőgazdák, ökológusok és környezettudományi szakemberek dolgoztak közösen meteorológusokkal és fizikusokkal. Az ELTE Meteorológiai Tanszékének (Weidinger Tamás, Bordás Árpád PhD hallgató) és a Szegedi Tudományegyetem Optikai és Kvantumelektronikai Tanszéke Fotoakusztikus Kutatócsoportjának (Bozóki Zoltán és Pogány Andrea) tagjaiból álló magyar csapat egy gabona és egy repcétábla határán mérte a meteorológiai állapotjelzők mellett a sugárzási mérleg komponenseket (rövid és hosszú hullámú és PAR), a talaj energiaforgalmát (talajhőmérséklet, nedvesség, talajba jutó hőáram), továbbá a hőmérséklet, nedvesség és a szélsebesség értékét 2 szinten, valamint a 3D áramlási mező és a hőmérséklet fluktuációit (10 Hz) egy Metek USA-1 ultrahang anemométerrel (3. ábra). Végeztünk N_2O és CO_2 talajfluxus méréseket is statikus és dinamikus talajkamrákkal (Pogány *et al.*, 2010b, Schelde *et al.*, 2012). Az ammónia koncentrációt 3 szinten mértük a Szegedi Tudományegyetemen kifejlesztett fotoakusztikus berendezéssel. (Pogány *et al.*, 2010a).

Eredményeink közül – a tanszéki részvétel gerincét adó – a felszíni energiamérleg komponensek napi meneteit szemléltetjük (4. ábra). A felszíni energiamérleg egyenlet:

$$Rn = H + LE + G + \Delta,$$

ahol a szokásos jelölések szerint Rn a sugárzási egyenleg, H a szenzibilis hőáram, LE a latens hőáram, G a talajba jutó hőáram, Δ az energiamérleg lezárási bizonytalansága.

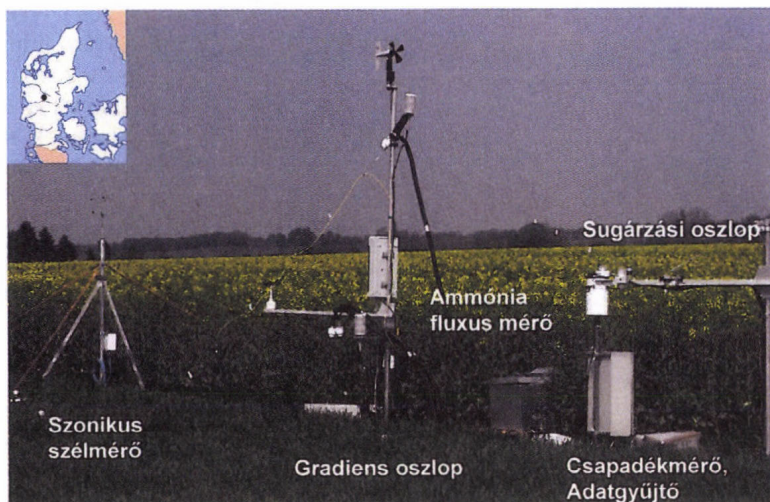
A gradiens módszerrel számított fluxusok meghatározásához (Weidinger *et al.*, 2000) ismernünk kell az egyes szélirányokhoz (szektorokhoz) tartozó kiszorítási rétegvastagságot, hiszen a repce magassága 0,8 m volt, míg a gabonáé 0,1 m, s az állomány az expedíció végén záródott. A 8 szélirányban az ultrahang anemo-méterrel, illetve a gradiens módszerrel meghatározott momentum és szenzibilis hőáram négyzetes hibájának minimalizálásával számítottuk ki a kiszorítási rétegvastagságot. Ennek ismeretében a specifikus nedvesség gradiens felhasználásával határoztuk meg a latens hőáramot, s vizsgáltuk az energiamérleg lezárási tagját. A latens hőáram direkt meghatározására nem állt rendelkezésre mérőműszer. A teljes időszakra a lezárási hiba a szenzibilis és a latens hőáram összegének $\sum(H + LE)$ és a rendelkezésre álló energiának $\sum(Rn - G)$ hányadosa 0,77-nek adódott, ami elfogadható. Az egyes 15 perces időszakokra számított lezárási hiba azonban napközben jelentősen meghaladhatja a 100 W/m^2 értéket is (Kiss, 2010). Mérési eredményeink bekerültek a NitroEurope adatbázisba.



4. ábra. Az energiamérleg komponensek a dániai mérési expedíció során a gradiens és az eddy-kovariancia mérések alapján a kiszorítási rétegvastagság becslésén keresztül.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton mondunk köszönetet az EU FP6 NitroEurope programban részt vevő hazai intézményeknek a közös bugaci mérési program lebonyolításáért a vizsgálatokhoz felhasznált adatok rendelkezésre bocsátásáért. Külön köszönet illeti *prof. Mark Sutton* (CEH, Edinburgh), az 5 éves kutatási program irányításáért, továbbá *Kristen Scheldet* és *Tommy Dalgaard* (University Aarhus), *Pierre Celliert* (INRA Versailles-Grignon, France) és *Mark Theobald* (Technical University of Madrid) a dániai mérési expedícióhoz nyújtott segítségért. A munka a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR kutató-



3. ábra. A dániai mérési expedíció (Bjerringbro, 2009. április) műszeregyüttese.

egyetemi projekt, az EU6 NitroEurope program és a és a COST ES0804 támogatásával készült.

Irodalom

- Nagy, Z., Pintér, K., Czóbel, Sz., Balogh, J., Horváth, L., Fóti, Sz., Barcza, Z., Weidinger, T., Csintalan, Zs., Dinh, N.Q., Grosz, B. and Tuba, Z., 2007: The carbon budget of a semiarid grassland in a wet and a dry year in Hungary. *Agric. Ecosyst. Environ.* 121, 21–29.
- Pogány, A., Mohácsi, Á., Jones, S.K., Nemitz, E., Varga, A., Bozóki, Z., Galbács, Z., Weidinger, T., Horváth, L. and Szabó, G., 2010a: Evaluation of a diode laser based photoacoustic instrument combined with preconcentration sampling for measuring surface-atmosphere exchange of ammonia with the aerodynamic gradient method. *Atmos. Environ.* 44, 1490–1496.
- Pogány, A., Weidinger, T., Theobald, M., Schelde, K., Bienkowski, J., Bordás, Á., Bozóki, Z., Eredics, A., Hensen, A., Janku, K., Kiss, Gy., Kraai, A., Istenes, Z., Mohácsi, Á. and Szabó, G., 2010b: Energy budget components, ammonia concentration and flux measurements on an agricultural landscape near Bjerringbro, Denmark. *Geophys. Res. Abstr.* 12, EGU2010-14742.
- Schelde, K., Cellier, P., Bertolini, T., Dalgaard, T., Weidinger, T., Theobald, M.R. and Olesen, I.E., 2012: Nitrous oxide emissions at the landscape scale: spatial and temporal variability. *Biogeosciences* 9, 2989–3002.
- Sutton, M.A., Howard, C.M., Erisman, J.W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., van Grinsven, H. and Grizzetti, B. (eds.), 2011: The European Nitrogen Assessment. *Cambridge*, 612 p.
- Takács Z., 2011: A bugacpusztai (2006–2010) légköri nyomanyag mérések (NO-NO_x-O₃) elemzése. *Dolgozat, készült a XI. Országos Felsőoktatási Környezetudományi Diákkonferenciára* (Témavezetők: Weidinger T., Horváth L. és Machon A.) ELTE Meteorológiai Tanszék, 48 oldal.
- Weidinger, T., Horváth, L., Takács, Z., Machon, A., Pogány, A., Bozóki, Z., Pintér, K., Nagy, Z., Istenes, Z., Gyöngyösi, A.Z., Eredics, A. and Bordás Á., 2011: Concentration gradient measurements of trace gases (O₃-NO-NO_x) for flux calculation; results and uncertainties. *Nitrogen & Global Change, Key findings – future challenges. Conference Proceedings, Edinburgh April 11–15, 2011*, S10.

NUMERIKUS METEOROLÓGIAI MODELLFUTTATÁSOK AZ ELTE METEOROLÓGIAI TANSZÉKÉN

NUMERICAL METEOROLOGICAL MODEL INTEGRATIONS AT THE DEPARTMENT OF METEOROLOGY OF EÖTVÖS LORÁND UNIVERSITY

¹Gyöngyösi András Zénó, ¹André Karolina, ²Horányi András, ²Mile Máté,
²Szépszó Gabriella, ¹Weidinger Tamás és ¹Tasnádi Péter

¹ ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.

²Országos Meteorológiai Szolgálat, 1525 Budapest, Pf. 38.

zeno@nimbus.elte.hu, a.karolin@gmail.com, horanyi.a@met.hu, mile.m@met.hu, szepszo.g@met.hu,
weidi@caesar.elte.hu, tasi@ludens.elte.hu

Összefoglalás. Az informatikai lehetőségek fejlődésével a légköri modellek elérhetővé váltak az egyetemek hallgatói és kutatói számára is. Nyílt forráskódú szoftverek alkalmazásával a hallgatók bevonhatóak a modellek segítségével folytatott kutatási tevékenységekbe. Közvetlen tapasztalatot szerezhetnek a modellek futtatásáról. Az ELTE Meteorológiai Tanszéken kialakításra került egy olyan hardver-szoftver háttér, amelynek segítségével már két időjárás előrejelző modell (WRF, ALADIN/CHAPEAU) eredményei együttesen is feldolgozhatók. A modell rendszer alkalmazhatóságát egy hideg légpárnás időjárási helyzet vizsgálatával szemléltetjük.

Abstract. Together with the development of information technology, numerical atmospheric models became available for students and researchers at universities and other academic institutes. With the application of open source software, university students can directly participate in research projects dealing with meteorological simulations. During these research studies, students can become familiar with the challenges of meteorological modeling. A hardware software framework has been developed at the Department of Meteorology at Eötvös Loránd University for the joint integration of two open source numerical models (WRF, ALADIN/CHAPEAU) for educational and research purposes. The applicability of the system is demonstrated with the case study of an inversion weather situation.

Bevezetés. A meteorológia, a természettudomány többi ágához hasonlóan, hatalmas lendületet kapott a számítástechnika és az elérhető hardver háttér fejlődésével. Az egyre növekvő kapacitású számítógépekkel új lehetőségek adódnak a légköri jelenségek vizsgálatára: robosztus hardver megoldások segítik a nagy tömegű adatok gyűjtését, s rendkívül gazdag szoftver eszközkészlet áll rendelkezésre a mért és a számítógépes modell adatok feldolgozására.

A meteorológiai modellek lehetőséget adnak a hidrodinamikai egyenletrendszer számszerű megoldása révén a légkörben lejátszódó folyamatok számítógépekkel történő vizsgálatára. Ez az időjárás előrejelzése mellett hozzájárul egy-egy légköri jelenség közelebbi elemzéséhez, módot ad érzékenységvizsgálatra és módszerfejlesztésre. A modell integrálásához elengedhetetlen szoftver és hardver környezet ma már könnyen hozzáférhető és alkalmazható kisebb kutató helyek és oktatási intézmények számára is, valamint elérhetőek olyan bemenő adatok, amelyek legalábbis részben jellemzik a valós meteorológiai viszonyokat. Ez lehetővé teszi a közösségi fejlesztést, a tapasztalatok gyors átadását, a vizsgálatok széles interpretálhatóságát. Ezzel új korszak köszöntött a meteorológia és a hozzá kapcsolódó légköri kutatások világába, hiszen az eddig csak áttételesen, megfigyelések, laboratóriumi vizsgálatok (pl.: ELTE Fizikai Intézet, Kármán Laboratórium, Gyüre et al., 2006a,b; vagy a BME Áramlástan Tanszék szélsőátornája, www.ara.bme.hu) és elméleti

megfontolások segítségével vizsgált légköri folyamatok modellszimulációkkal is megismerhetővé váltak. A meteorológiai modellek – a szűk fejlesztői kör (korábban csak ők foglalkoztak „modellezéssel”) és az előrejelzők (korábban kizárólagos felhasználók) mellett – sokkal szélesebb felhasználói kör számára váltak elérhetővé. Természetesen a fejlesztők a modellezés részleteit sokkal magasabb szinten képesek átlátni, mint a felhasználók, akik a legjobb esetben is csak egy globális képpel rendelkeznek a rendszerről és a folyamatról. A modellezők körén belül egy kiterjedt nemzetközi kapcsolatokkal rendelkező szakemberekből álló kutatói közösség között a kezdeti feltételek minél pontosabb becslésének módszereit, a fizikai folyamatok realiztikus leírásának, vagy az előrejelzési bizonytalanságok számszerűsítésének lehetőségeit. Ezért is kiemelten fontos a kommunikáció a különböző szabadon elérhető modellek alkalmazói és a modellfejlesztő szakemberek között, hiszen így válik elérhetővé, hogy a modell mit és miért jelzett (vagy nem jelzett) előre. Egy numerikus időjárási adatbázis olyan további vizsgálatok számára is alapot szolgáltat, mint például levegőkörnyezeti vagy szennyezőanyag-terjedési számítások (Pielke and Ullrich, 1998; Kondo et al., 2001 vagy Gyöngyösi et al., 2006a), ökológiai modellezés (Eastman et al., 2001 vagy Grosz et al., 2011), szélenergia kutatás (Rife et al., 2004 vagy Weidinger et al., 2008; Gyöngyösi et al., 2009), illetve a repülésmeteorológiai fejlesztések és alkalmazások (Bottán, 2009; Hadobács, 2011).

Az Egyesült Államokban a nemzeti meteorológiai szolgálat finanszírozása eltérő az európai (és ezen belül a magyarországi) működési formától, mely lehetővé teszi azt, hogy a szolgálat és más kutatóhelyek tevékenységét teljes egészében az adófizetők pénzéből finanszírozzák (ez csak egy álom marad Európában és Magyarországon is), s ebből az is következik, hogy az USA-ban a közpénzen előállított (mérési) adatok és modellek teljes egészében szabadon elérhetőek és felhasználhatóak. Ezért sem meglepő, hogy elsősorban az amerikai modellek azok, amelyek elérhetőek, hozzáférhetőek a világ bármely részén tevékenykedők részére oktatási vagy kutatási célokra. Ilyen korábbi modellek például az NCEP/Eta (*Mesinger et al., 2012*) vagy a szintén amerikai PSU/NCAR Mezoszkálájú Modell, MM4, MM5 modell család (pl.: *Miao et al., 2008* vagy *Breuer et al., 2012*). Az elmúlt években pedig a kifejezetten nyílt forráskóddal, közösségi fejlesztésre szánt modellek létrehozása adott újabb lendületet a munkának (példa erre az ugyancsak amerikai *Weather Research and Forecasting*, azaz a WRF modell, *Skamarock et al., 2005, 2008*).

Az ELTE Meteorológiai Tanszéken 2005 óta végzünk napi rendszerességgel modell futtatásokat időjárás előrejelzési és kutatási célokra, kezdetben az NCEP/Eta modell munkaállomás verziójával, később a WRF-fel, majd 2011 óta az ARPEGE/ALADIN hordozható változata, a CHAPEAU bevonásával.

Elsősorban úrbázisú megfigyelések asszimilálására került kifejlesztésre a DCRAS adatasszimilációs rendszer (*Aune et al., 2009*), melynek egy nagyobb felbontású (16 x 16 km-es), beágyazott futtatása naponta két alkalommal kerül végrehajtásra a tanszéken. Ezen rendszer adatai többek között a GPS meteorológia támogatására kerülnek hasznosításra. A hazai adaptálás *Kern Anikó* és *Barcza Zoltán* munkáját dicséri. E modellel itt nem foglalkozunk részletesebben, (lásd a következő internetes oldalon: <http://nimbus.elte.hu/kutatas/sat/dbcras.html>).

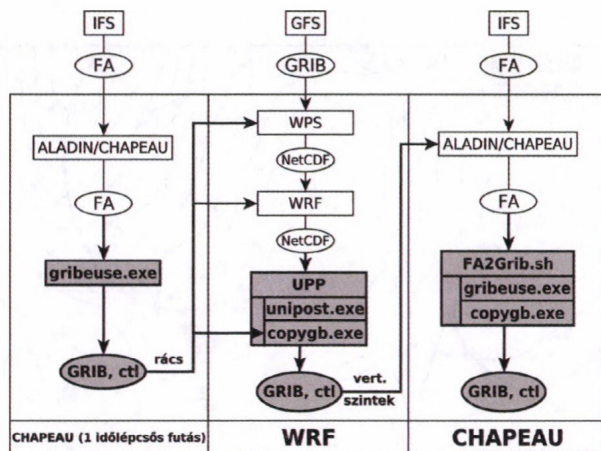
Fontos megjegyezni, hogy ezek a napi alkalmazások nem lehetnek versenytársai – a profi számítógépes és szakmai háttérrel rendelkező – nemzeti meteorológiai szolgálatok által futtatott számszerű előrejelző modelleknek, ugyanis az egyetemi alkalmazások lefedettsége (felbontása), illetve szakmai tartalma (elsősorban az alkalmazott megfigyelések és a modellek kezdeti feltételeinek előállításához szükséges módszertan tekintetében) jelentősen elmarad a szolgálatok által alkalmazott társaiéktól. Sajnos sok félreértésre ad okot az, ha egy nemzeti meteorológiai szolgálat ingyenesen elérhető (itt az amerikai modellekről van szó) szoftvereket használ operatív előrejelzési célokra, mert azok így „összekeverhetőek” azokkal az egyszerűsített alkalmazásokkal, amelyekről ebben a cikkben is szót ejtünk (sajnos Magyarországon is ez a helyzet, ami alááshatja nemzeti meteorológiai szolgálatunk hitelességébe és szakmai kompetenciájába vetett társadalmi hitet).

Előzmények. Az ELTE Meteorológiai Tanszéken folyó numerikus modellezési munka, a rendelkezésre álló informatikai háttér fejlődésével párhuzamosan, folyamatosan bővült az elmúlt évtizedben. Számos egydimenziós, elsősorban határreteg-modell fejlesztés és alkalmazás mellett, *Ács Ferenc* és munkatársai az MM5 modell felhasználásával vizsgálták a talajtani paraméterek fejlesztésének lehetőségét (*Ács et al., 2010; Breuer et al., 2011, 2012*).

A vizsgálatokhoz szükséges modellfuttatások az Országos Meteorológiai Szolgálatnál történtek. Szintén fontos helyet foglalnak el a Tanszék kutatásaiban a regionális éghajlati modelladaptációk, ami *Bartholy Judit* koordinálásával folyik együttműködve az OMSZ munkatársaival (*Bartholy et al., 2011; Pieczka et al., 2011*). Ennél a tevékenységnél is fontos a numerikus modellfejlesztőkkel való szoros kapcsolattartás. E tématerülettel itt nem foglalkozunk, habár az egyetemi regionális éghajlati modellfuttatásoknál is érvényes, hogy alapvetően felhasználói és nem fejlesztői tevékenységről van szó. A célunk az elmúlt 10 évben általunk végzett mezoszkálájú előrejelzési modelladaptációk bemutatása.

A modelladaptációk sorát a japán NIRE modell indította, amelyet légköri szennyezőanyag (elsősorban széndioxid) kicserélődés és terjedés kutatására fejlesztettek ki *Kondo* és munkatársai az 1990-es években (*Kondo, 1989; Kondo et al., 2001*). A hazai modell-futtatásokat az ELTE Földtudományi Tanszékcsoport SGI gépén (az sgis.elte.hu-n) végeztük 2000-ben (*Gyöngyösi, 2000; Gyöngyösi et al., 2006 a,b*).

Az NCEP/Eta modell munkaállomás („Workstation”) változatának tanszéki informatikai infrastruktúrán való futtatása egy trieszti nyári iskolai képzés után indult, amit a Nemzetközi Elméleti Fizikai Központ (The Abdus Solam International Centre for Theoretical Physics) szervezett. Az NCEP/Eta modell abban az időben vált elérhetővé, melynek futtatásához FTP-n keresztül, napi frissítésben, valós bemenő adatok (természetesen ezek nem tartalmaztak minden megfigyelést) álltak rendelkezésre. Ezt követte 2007-ben a már tisztán közösségi fejlesztésű WRF modell adaptációja és azóta is tartó rendszeres napi futtatása a Tanszék számítógépein. A WRF modellen szerzett tapasztalatokat, egy az Országos Meteorológiai Szolgálatnál való együttműködés keretében, az ALADIN/CHAPEAU (*Degrauwe, 2010*) használatával is lehetőségünk adódott kamatoztatni (*Balogh et al., 2011; Gyöngyösi et al., 2012*). Az ALADIN/CHAPEAU a széles nemzetközi együttműködésben kifejlesztett ALADIN modell (*Horanyi et al., 1996, 2006*), „hordozható” változata, ami az adatasszimiláció kivételével tartalmazza a modell leglényegesebb elemeit. Kialakításra került egy olyan informatikai rendszer, amely lehetővé teszi a két modell (WRF és az ALADIN/CHAPEAU) együttes futtatását és eredményeik könnyen összevethető feldolgozását a numerikus modellezésben viszonylag járatanabb, elsősorban egyetemi hallgatókból álló felhasználói kör számára.



1. ábra: A Hordozható ALADIN–WRF Egységesítő Modellfutató Környezet (HAWER) működési elve. A programrészek, fájlok elnevezése téglalapokban, a bemenő és kimenő fájlformátumok ellipszisekben kerültek feltüntetésre. A kialakított rendszerre vonatkozó további magyarázat a szövegben található.

A szoftvertelepítések folyamatos hardver beszerzések mellett történtek. A napi futtatási tapasztalatok értelmezése és feldolgozása, valamint az utófeldolgozó, megjelenítő rendszer fejlesztése mind a mai napig tart. A napi előrejelzések és a kutatásokról szóló eredmények bármely érdeklődő számára elérhetőek a világhálón a futtatáshoz használt számítógépek publikus oldalain keresztül (*meteor24.elte.hu*). A modellek elsősorban oktatási és részben kutatási célokra kerültek alkalmazásra. A WRF/Chem, csatolt meteorológiai-levegőkémiai modellrendszer (*Grell et al., 2005*), valamint a CMAQ (Community Multiscale Air Quality, *Wong et al., 2012*) modell WRF-fel történő összekapcsolása, telepítése folyamatban van.

A modellek által szolgáltatott adatok felhasználásával számos TDK, BSc és MSc szakdolgozat született, emellett a modelleket alkalmazzuk a graduális képzésben is a numerikus prognosztika informatikai vonatkozásainak laborszerű oktatására, speciális kollégiumi tárgy keretében. Ennek a tárgynak az a szerepe, hogy előkészítse a numerikus prognosztikával részletesen foglalkozó kurzusokat azzal, hogy a hallgatókat megismerteti a számszerű előrejelző modellek alapvető elemeivel és felületet biztosít az előrejelzési infrastruktúra elsajátítására.

A WRF modell előrejelzéseit közvetlenül, illetve a modell adatokból származtatott paramétereket közvetett módon hasznosítják jelenleg is a sportrepülés, a szélenergia termelés, a légköri szennyezőanyag-terjedés számítás, a csatolt bio-geokémiai modell vizsgálatok és a tanszéken folyó oktatás, kutatás igényeinek kielégítésére. Természetesen a korábban már említett hiányosságok

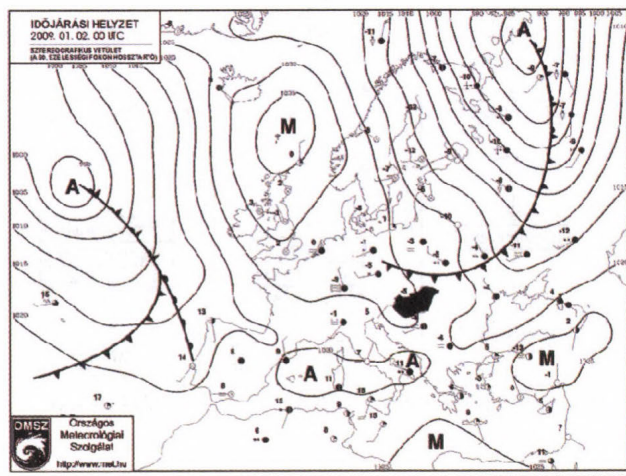
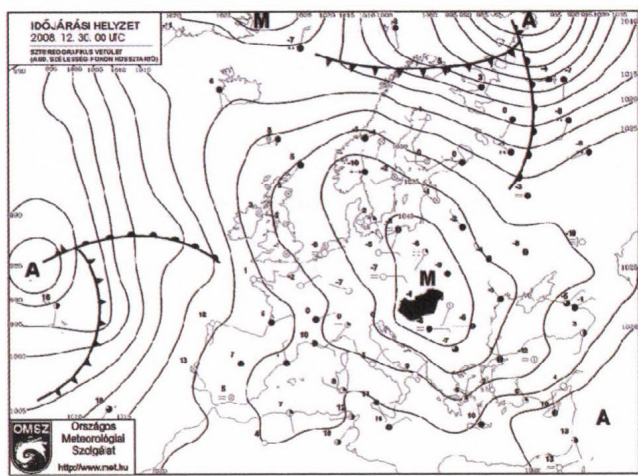
(például a megfelelő kezdeti feltételekhez szükséges adatok hiánya) miatt ezek az eredmények használhatósága csak korlátozott mértékű lehet és ezzel a felhasználóknak tisztában kell lenniük az eredmények interpretálása során.

Az ALADIN projekt fejlesztésében kialakított CHAPEAU modellt napi rendszerességgel futtatjuk az Országos Meteorológiai Szolgálattól kvázi-operatíván (kétnapos késleltetéssel) kapott valós kezdeti- és peremfeltételeken, a Kárpát-medence tartományára, hogy összevethessük a WRF modell futtatásokkal (*Balogh et al., 2011*).

Az ALADIN–WRF Egységes Modellfutató Környezet kialakítása. Két különböző időjárási modell eredményeinek egymással és a mérési eredményekkel történő összevetésével feltárhatók az előrejelzések időjárási helyzettől és a modelltartománytól függő erősségei és hiányosságai. Az alkalmazott modell-beállítások és parametrizációs opciók módosításával, a modellek a vizsgált feladathoz illeszthetők (ne felejtsük el, hogy ezek a modellek csak másolatai a teljes modell-rendszernek). A két modell egységes kezelő felületének kialakítása az oktatásban is jól hasznosulhat. Ezért célul tűztük ki egy olyan technikai környezet létrehozását, mely lehetővé teszi a CHAPEAU és a WRF közös futtatását és a modellek eredményeinek minél egyszerűbb, kvantitatív összehasonlítását. Ehhez – a modellek utófeldolgozó rendszerének módosítása mellett – biztosítani kellett egy ekvivalens modell tartomány kialakítását és egy azonos felbontású, horizontális- és vertikális rács használatát. A két modell egységes futtatására és utófeldolgozására létrehozott szoftverkörnyezetnek a Hordozható ALADIN–WRF Egységes Modellfutató Környezet (HAWER) nevet adtuk, melynek működését az 1. ábra szemlélteti.

Megjegyezzük, hogy a CHAPEAU-val ellentétben (melynek a modell számára kezdeti- és peremfeltételt generáló pre-processzora nem áll rendelkezésünkre, a futtatásokhoz szükséges bemenő adatokat az OMSZ szolgáltatja), a WRF bemenő adatainak előkészítéséhez szükséges pre-processzor a felhasználók rendelkezésére áll, ezért sokkal szabadabban konfigurálható a futtatási tartomány.

A közösségi modellek és a HAWER alkalmazása az oktatásban. A közösségi modellek az oktatásban is alkalmazásra kerültek. WRF futtatásokat használtak fel munkájukhoz, többek között Kovács Róbert (2008), Wendl Bernadett (2009), Hadobács Katalin (2011), Bájhóber Eszter Lilla (2012), Décsei Anna Borbála (2012), Héver Annamária (2012) és Szabó Andor (2013) tudományos diákköri (TDK), szakdolgozati, illetve diplomamunkájuk során. A HAWER felhasználásával két szakdolgozat is született: André Karolina (2012) és Salavec Péter (2012).



2. ábra: Szinoptikus helyzet: 2008. december 30-án (balra) egy anticiklon alakította Közép-Európa időjárását, majd 2009. január 2-án (jobbra) egy hidegfront érintette a Kárpát-medencét.

Esettanulmány – a hideg légpárna leírása. A HAWER alkalmazásával megvizsgáltunk egy tipikus Kárpát-medencei időjárási helyzetet: a hideg légpárna jelenségét, melyet Bóna Márta 1986-os cikke alapján mutatunk be (Bóna, 1986).

Azt az időjárási helyzetet nevezzük hideg légpárnának, amikor egy hegyekkel körülvett medencét hideg légtömeg tölt ki, amely számottevő horizontális légmozgás hiányában akár napokig sem képes elhagyni az érintett területet. A határrejteget erősen stabil, inverziós légrétegződés jellemzi, azaz a hőmérséklet a magassággal növekszik, nincs számottevő vertikális légmozgás. Hideg légpárna kialakulása leggyakrabban a téli félévben figyelhető meg, abban az esetben, amikor a Kárpát-medence térsége felett anticiklon helyezkedik el. Ekkor az erős kisugárzás hatására az alsó hideg légréteg hőmérséklete a harmatpontig csökken, nedvességtartalma eléri a telítettséget, és köd képződik. Az inverzió fölött az anticiklonra jellemző leszálló légmozgások következtében száraz, akár több mint tíz fokkal magasabb hőmérsékletű a levegő, mint a közvetlenül alatta található rétegben. Erre a légrétegre az alacsony nedvességtartalom a jellemző.

Az inverzió teteje a Kárpát-medencében általában hozzávetőleg 800–1000 m magasan található, tehát a Mátra és a magasabb hegycsúcsok kiemelkednek a ködből. A ködös hideg légpárna feletti száraz levegőben jó látási viszonyok jellemzőek (és ezt használják ki a magasabb hegyek szerelmesei is, akik ilyen időjárási körülmények között az inverziós réteg fölé Kékestetőre, vagy a Csóványosra kirándulnak, ahonnan ilyenkor akár a Magas-Tátráig is el lehet látni).

A hideg légpárna megszűnése általában egy erős hidegfront vagy egy magassági hideg légörvény hatására következik be, de hideg advekciónak következtében kialakuló labilizálódás vagy az alsó rétegekben végbemenő száraz

levegő beáramlása is megszűnését okozhatja. Ez utóbbiak hatása sokszor nehezen előrejelezhető.

A hideg légpárna időjárási helyzet következményei igen jelentősek lehetnek. A ködös-borús, hideg idő nem csak a lakosság közérzetére van negatív hatással, de a napokig tartó zúzmara köd okozta lerakódás veszélyezteti az elektromos áramellátást és a közlekedést is. Légmozgás hiányában a szennyező anyagok feldúsulhatnak, rontva a talajközeli légrétegek levegőtisztaságát.

Esettanulmány – Modellfuttatások. Munkánk során a 2008. december 30. és 2009. január 4. közötti időszakra készítettünk modellfuttatásokat a HAWER-rel a Kárpát-medencére, 7 km-es horizontális rácsfelbontással. A két modell eltérő forrásból kapta a bemenő adatokat, melyeket az integrálás során kezdeti és peremfeltételként használtak: a WRF az amerikai GFS globális modell adataival, míg a CHAPEAU az Európai Középtávú Előrejelző Központ (ECMWF) IFS modelljének adataival dolgozott. A modell beállítások tekintetében mindkettőnél igyekeztünk a legegyszerűbb sémánál maradni. A két modell kimenő adatait összevetettük egymással és a mérési adatokkal.

Esettanulmány – Szinoptikus helyzet. Az OMSZ honlapján (www.met.hu) található Napijelentés kiadványok alapján Magyarország időjárása a vizsgált időszakban a következőképp alakult: 2008. december 30-án Budapesten a tengerszintre átszámított légnyomás 1044 hPa volt és alig változott, stabil anticiklon uralta az időjárást. Az Északi-középhegységben napközben még kisütött a nap, de az ország többi részén egész nap borult, párás időjárás uralkodott. A legmagasabb hőmérséklet -2 és -7 °C között alakult, csak az Északi-középhegységben mértek néhány helyen kevéssel fagyponthoz felelő értékeket. A legerősebb szél Sopron térségében 14 m/s, az ország nagy részén 3–5 m/s körül volt. Az átlagszél ennél

lényegesen gyengébb volt, számottevő horizontális légmozgás nem fordult elő az ország területén. A hónap utolsó napján az egész országban borult, párás időjárás uralkodott, csak a magasabb hegyek emelkedtek a felhőtakaró fölé. A hőmérséklet az előző napinál is alacsonyabb volt. Az időjárásban számottevő változás január 2-án következett be, amikor egy hidegfront haladt át a Kárpát-medence térségén (2. ábra).

Esettanulmány – Eredmények. A modell eredmények is jól szemléltetik a hideg légrétegjellemző időjárási elemeket: inverzió, köd, felette száraz légtömeg. Amint az a 3.a ábrán is látható, a légrétegződés (tehát a vertikális hőmérsékleti gradiens) határozott inverziót mutat, mely az időszak elején a 850–900 hPa-os rétegben, azaz 1000–1500 m közötti magasságban található. Ez nagyjából megfelel annak, ami az erős anticiklon (1040 hPa fölötti tengerszintre átszámított légnyomás) központi területein ilyenkor jellemző. Ezt mindkét modell azonosan adta meg. December 30-án az esti óráktól a talaj közeli kevésbé stabil rétegben is kialakult az inverzió, ami az év utolsó napján már nem is szűnt meg, hanem egyesülve az anticiklon zsugorodási inverziójával masszív hideg-légréteget alkotott. A nedvességi ábrákon (3.b. ábra) a talaj fölött pár száz méteren igen nedves, fölötté száraz levegő látható. Az év első napján a légréteg megmozdul, hullámoz, majd a délutáni órákban már egy emelkedő inverzió figyelhető meg, ami január 2-án, az érkező hidegfront hatására megszűnik. A front nedvessége a páratartalom időbeli menetén is kirajzolódik, hiszen a magasabb rétegek nedvességtartalma is megnövekszik. A két modell tehát hasonlóan adta a hideg légrétegjellemző vertikális szerkezetet, ám a CHAPEAU erősebb inverziót és nagyobb nedvességtartalmat számított a WRF modell adatainál. Ennek oka nyilvánvalóan az eltérő sugárzási és mikrofizikai valamint határreteg parametrizációkban rejlik, s nem feledkezhetünk meg a különböző bemenő adatmezőkről sem.

Annak megállapítására, hogy melyik modellszámítás járt közelebb a valósághoz, összehasonlítottuk a modell adatokat a mérési adatokkal. A 4. ábrán látható, hogy jelentős eltérések voltak a 2 m-es hőmérséklet és a harmatpont menetében. Főleg az első két napon (december 30–31.), amikor a hideg légréteg a legintenzívebb volt, a CHAPEAU modell túlbecsülte mind a hőmérsékletet, mind a harmatpontot, továbbá ezek napi menetében sem jelent meg a stabil inverzióra jellemző gyenge napi hőmérsékleti ingás. A WRF modell által adott napi menet szintén gyengébb hideg légréteget jelez, azzal a különbséggel, hogy a harmatpontot alábecsülte.

Az eltérésnek több oka lehet. Eltérő volt a két modell által használt bemenő adat, és bár törekedtünk arra, hogy a leghasonlóbb sémákat használjuk, mégis eltérőek voltak a modell futtatások során alkalmazott parametrizációs eljárások is. Emellett egyik modellnél sem volt

elégendően finom a vertikális felbontás a felszín közelében – a legalsó modellszint túl magasan van ahhoz (1000 hPa szemben az 1040 hPa körüli felszíni nyomással), hogy a hideg légrétegben végbemenő folyamatokat kellő részletességgel leírassa. A hideg légréteggel kapcsolatos további eredmények megtekinthetők a <http://meteor38.elte.hu/chapeau/eredmenyek/honlapon>.

Összegzés, további tervek. Írásunkban bemutattuk a számszerű időjárás-előrejelző modellek új „generációját”, a közösségi modelleket. Ismertettük saját fejlesztési eredményeinket, melynek során létrehoztunk egy technikai környezetet (HAWER), amely az ALADIN/CHAPEAU és a WRF közösségi modellek egységes futtatását és eredményeik kvantitatív összehasonlítását teszi lehetővé. Hangsúlyoztuk, hogy ezek a modellek nem versenytársai a nemzeti szolgálatoknál futtatott modelleknek, illetve a közösségi modellekkel folytatott oktatói tevékenység nem helyettesíti az alapvető numerikus prognosztikai tudásanyagot és legfőképpen a numerikus előrejelzés oktatását. Ezek után szemléltettük a rendszer alkalmazását egy tipikus Kárpát-medencei időjárási helyzet – a hideg légréteg – rövid bemutatásával és elemzésével. Ennek segítségével rámutattunk az alkalmazott modellek egyes sajátosságára, és arra is, hogy 7 km-es horizontális felbontású, hidrosztatikus modellfuttatásokkal már kimutathatók a hideg légrétegjellegzetességei.

Terveink között szerepel a modellek finomabb vertikális rácsfelbontással való futtatása, illetve további parametrizációs sémák alkalmazása, és az így kapott eredmények vizsgálata.

Köszönetnyilvánítás

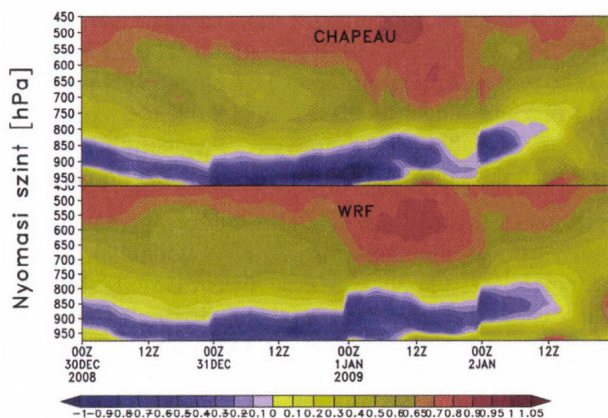
Ezúton szeretnénk megköszönni az Országos Meteorológiai Szolgálat többi munkatársának, elsősorban Bölöni Gergelynek és Kullmann Lászlónak, hogy rendelkezésünkre bocsátották az ALADIN/CHAPEAU modellt, a szükséges bemenő adatokat és értékes technikai segítségükkel, tapasztalataikkal támogatták munkánkat.

A cikkben bemutatott vizsgálat az Európai Unió támogatásával és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával a TÁMOP 4.2.1.B-09/1/KMR-2010-0003 és a TÁMOP 4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001.sz. pályázati programok keretében folyt. A munkát az OTKA K-83909 program is támogatta.

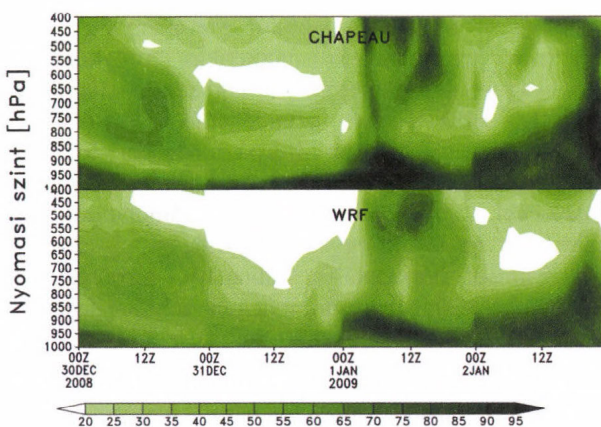
Irodalom

- Ács, F., Horváth, Á., Breuer, H. and Rubel, F., 2010: Effect of soil hydraulic parameters on the local convective precipitation. *Meteorol. Z.* 19 (2), 143–153.
- Aune, R.M., Strabala, K.I. and Lindstrom, S.S., 2009: A mesoscale prediction system for high latitudes that assimilates Direct Broadcast MODIS. *10th Conference on Polar Meteorology and Oceanography (AMS)*. 2009. May 18–21, Wisconsin, USA.

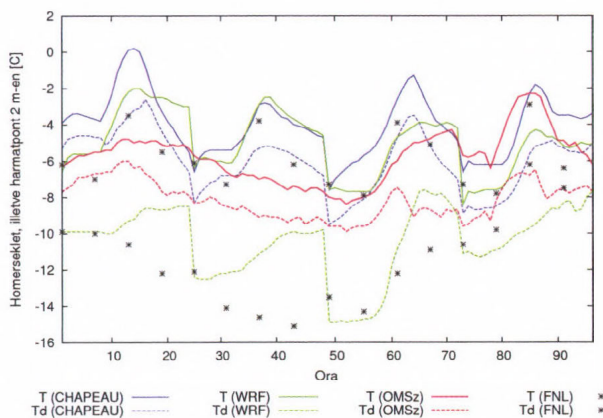
a)



b)



3. ábra: Modelleredmények: a vertikális hőmérsékleti gradiens [$K/100\text{ m}$] (fent) és a relatív páratartalom [%] (lent) időbeli menete 2008. december 30. és 2009. január 3. 00 UTC között Pestszentlőrincen (12843).



4. ábra: A két méteres hőmérséklet és harmatpont [$^{\circ}\text{C}$] menete 2008. december 30. 00 UTC és 2009. január 3. 00 UTC között modell- és mérési adatok alapján Pestszentlőrincen (12843). FNL: a WRF bemenő adatai 6 óránként.

Balogh, M., Horányi, A., Gyöngyösi, A.Z., André, K., Mile, M., Weidinger, T. and Tasnádi, P., 2011: The ALADIN/CHAPEAU model as a new tool for education and inter-comparison purposes at the Eötvös Loránd University in Budapest. *HIRLAM Newsletter no 58*, November 2011, 107–112.

Bartholy J., Bozó L. and Haszpra L. (szerk.), 2011: Klímaváltozás – 2011: Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére, Budapest: Magyar Tudományos Akadémia, 281 p. (ISBN: 978-963-284-232-5)

Bottyán Zs., 2009: Gondolatok a repülőgép-szimulátorok meteorológiai alrendszerének szerepéről. *Repüléstudományi Közlemények* 21(1), 9p.

Bóna M.H., 1986: Hideg légpárnák aeroszinoptikai vizsgálata a Kárpát-medencében, Országos Meteorológiai Szolgálat, *Meteorológiai Tanulmányok*, Budapest.

Breuer H., Laza B., Ács F., Rajkai K., Horváth Á., Weidinger T., 2011: A planetáris határreteg magasság és a talajtextúrák közötti kapcsolat vizsgálata. *Léggör* 56(3), 103–110.

Breuer, H., Ács, F., Laza, B., Horváth, Á., Matyasovszky, I. and Rajkai, K., 2012: Sensitivity of MM5 simulated planetary boundary layer height to soil dataset: comparison of soil and atmospheric effects. *Theor. Appl. Climatol.* 109 (3–4), 577–590.

Degrauwe, D., 2010: Chapeau/Aladin User Guide. *A Chapeau/Aladin modell felhasználói kézikönyve*.

Eastman, J.L., Coughenour, M.B. and Pielke, R.A., 2001: The regional effects of CO_2 and landscape change using a coupled plant and meteorological model. *Global Change Biol.* 7, 797–815.

Grell, G.A., Peckham, S.E., Schmitz, R., McKeen, S.A., Frost, G., Skamarock, W.C. and Eder, B., 2005: Fully coupled 'online' chemistry in the WRF model. *Atmos. Environ.* 39, 6957–6976.

Grosz, B., Horváth, L., Gyöngyösi, A.Z., Weidinger, T. and Nagy, Z., 2011: Coupling of the DNDC ecological model to the WRF Numerical Weather Prediction System. Edinburgh abstract. *Nitrogen and Global Change Conference*, 11–15 April, Edinburgh, S10.

Gyöngyösi A.Z., 2000: Development of the NRIPR Mesoscale Meteorological Model at Eötvös University. *Diplomamunka*, (Témavezető: Weidinger T.), *ELTE Meteorológiai Tanszék*, 36 oldal.

Gyöngyösi, A.Z., Weidinger, T. and Iványi, Zs., 2006a: Sensitivity study of a coupled dispersion-weather prediction model with case studies. *Geophys. Res. Abstr.* 8, A-08044.

Gyöngyösi, A.Z., Weidinger, T., Haszpra, L., Iványi, Zs. and Kondo, H., 2006b: Sensitivity Study of a Coupled Carbon Dioxide Meteorological Modeling System with Case Studies. International Conference on Mesoscale Processes in Atmosphere, Ocean and Environmental Systems, February 14–17. 2006. *Centre for Atmospheric Sciences Indian Institute of Technology Delhi India*, Programme and abstracts, 31p.

Gyöngyösi, A.Z., Weidinger, T., Kiss, Á. and Bánfalvi, K., 2009: Uncertainties of wind power forecasts for western Transdanubium and for the trade wind region in Brazil from various mesoscale meteorological models. *Conference on Modelling Fluid Flow (CMFF'09)*, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, 2009. September 9–12. Conference Proceedings Volume I. (Edited by Vad, J.) 891–896.

- Gyöngyösi, A.Z., André, K., Salavec, P., Horányi, A., Szépszó, G., Mile, M., Tasnadi, P. and Weidiger, T., 2012: Numerical weather prediction models on Linux boxes as tools in meteorological education in Hungary. EGU General Assembly 2012, *Geophysical Research Abstracts* 14, EGU2012-8361
- Gyüre B., Jánosi I., Szabó K.G. és Tél T., 2006a: Környezeti áramlások. Szemelvények a Kármán Laboratórium kísérleteiből. 1. rész. *Léggör* 51(1), 6–12.
- Gyüre B., Jánosi I., Szabó K.G. és Tél T., 2006b: Környezeti áramlások. Szemelvények a Kármán Laboratórium kísérleteiből. 2. rész. *Léggör* 51(2), 6–10.
- Horányi, A., Ihász, I. and Radnóti, G., 1996: ARPEGE/ALADIN: a numerical weather prediction model for Central-Europe with the participation of the Hungarian Meteorological Service. *Időjárás*, 100, 277–301.
- Horányi, A., Kertész, S., Kullmann, L. and Radnóti, G., 2006: The ARPEGE/ALADIN mesoscale numerical modelling system and its application at the Hungarian Meteorological Service. *Időjárás* 110, 3–4, 203–227.
- Kondo, H. 1989: Description of NRIPR mesoscale model. *Report of the NRIPR* 44, 75 pp.
- Kondo, H., Sigusa, N., Murayama, S. and Yamamoto, S., 2001: A numerical simulation of the daily variation of CO₂ in the central part of Japan. *J. Meteorol. Soc. Japan* 79(1), 11–21.
- Mesinger, F., Chou, S.C., Gomes, J.L., Jovic, D., Bastos, P., Bustamante, J.F., Lazic, L., Lyra, A.A., Morelli, S., Ristic, I. and Veljovic, K., 2012: An upgraded version of the Eta model. *Meteorol. Atmos. Phys.* 116, 63–79.
- Miao, J.-F., Chen, D., Wyser, K., Borne, K., Lindgren, J., Svensson, M.K., Thorsson, S., Achberger, C. and Almkvist, E., 2008: Evaluation of MM5 mesoscale model at local scale for air quality applications over the Swedish west coast: Influence of PBL and LSM parameterizations. *Meteorol. Atmos. Phys.* 99 (1–2), 77–103.
- Pieczka, I., Pongrácz, R. and Bartholy, J., 2011: Comparison of simulated trends of regional climate change in the Carpathian Basin for the 21st century using three different emission scenarios. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 7, 9–22.
- Pielke, R.A. and Ulliasz, M., 1998: Use of meteorological models as input to regional and mesoscale air quality models – limitations and strengths. *Atmos. Environ.* 32(8), 1455–1466.
- Rife, D.L., Davis, D.A., Liu, Y. and Warner, T.T., 2004: Predictability of Low-Level Winds by Mesoscale Meteorological Models. *Mon. Wea. Rev.* 132, 2553–2569.
- Skamarock, W.C., Klemp, J.B., Dudhia, J., Gill, D.O., Barker, D.M., Wang, W. and Powers, J.G., 2005: A description of the Advanced Research WRF Version 2. *NCAR/TN-468 + STR NCAR Technical Note*, 88 pp.
- Skamarock, W.C., Klemp, J.B., Dudhia, J., Gill, D.O., Barker, D.M., Duda, M.G., Huang, X.-Y., Wang, W. and Powers, J.G., 2008: A description of the Advanced Research WRF Version 3. *NCAR/TN-475 + STR NCAR Technical Note*, 113 pp.
- Weidinger, T., Gyöngyösi, A.Z., Kiss, A. and Bánfalvi, K., 2008: Uncertainties of wind power forecasts for Western Transdanubium from mesoscale NCEP/ETA and WRF models. *Geophys. Res. Abstr.* 10, EGU2008-A-07445.
- Wong, D.C., Pleim, J., Mathur, R., Binkowski, F., Otte, T., Gilliam, R., Pouliot, G., Xiu, A. Young, J.O. and Kang, D., 2012: WRF-CMAQ two-way coupled system with aerosol feedback: software development and preliminary results. *Geosci. Model Dev.*, 5, 299–312.

Szakdolgozatok, diplomamunkák

- André K., 2012: Hideg légpárnás helyzet vizsgálata meteorológiai modellek segítségével. *Szakdolgozat, ELTE Meteorológiai Tanszék.*
- Bájhóber E.L., 2012: Monszun depressziók. *Szakdolgozat, ELTE Meteorológiai Tanszék.*
- Décsei A.B., 2012: Debreceni alapéghajlati mérések adatfeldolgozása. *Szakdolgozat, ELTE Meteorológiai Tanszék.*
- Hadobács K., 2011: Repülésre veszélyes időjárási helyzetek rekonstrukciójának alkalmazási lehetőségei – Felületi jegesezés becslése és a hozzá tartozó szimulációs környezet kialakítása. *Diplomamunka, ELTE Meteorológiai Tanszék.*
- Héver A., 2012: Szubtrópusi ciklonok vizsgálata. *Szakdolgozat, ELTE Meteorológiai Tanszék.*
- Kovács R., 2008: A WRF modell hazai adaptációja a megfelelő fizikai sémák kiválasztásával és összehasonlító elemzésével. *Diplomamunka, ELTE Meteorológiai Tanszék.*
- Salavec P., 2012: Nagy csapadékos időjárási helyzetek vizsgálata az ALADIN/CHAPÉAU és a WRF modellfutások alapján. *Szakdolgozat, ELTE Meteorológiai Tanszék.*
- Szabó A., 2013: A légköri konvekció vizsgálata mért és modellezett adatok alapján. *Szakdolgozat, ELTE Meteorológiai Tanszék.*
- Wendl B., 2009: A WRF modellel készített szélenergia becslések Mosonmagyaróvár térségére. *Diplomamunka. ELTE Meteorológiai Tanszék.*

A MEDITERRÁN CIKLONOK KLIMATOLÓGIAI VIZSGÁLATA REANALÍZIS ADATOK ALAPJÁN

CLIMATOLOGICAL ANALYSIS OF THE CYCLONES IN THE MEDITERRANEAN REGION BASED ON REANALYSIS DATA

Kelemen Fanni Dóra, Bartholy Judit, Pongrácz Rita

ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, Budapest, 1117, Pázmány Péter sétány. 1/A.
fannikelemen@hotmail.com, bartholy@elte.hu, prita@elte.hu

Összefoglalás: A dolgozat célja a mediterrán térség ciklonjainak klimatológiai elemzése valós mérési eredményeken alapuló reanalízis adatok felhasználásával. A mediterrán ciklonok jelentősége térségünkben nagy az átvonulásukhoz kapcsolódó heves esőzések, illetve havazások, és más veszélyes időjárási jelenségek miatt. A tanulmányban megvizsgáljuk a ciklonok gyakoriságának éves eloszlását, illetve területi mintázatát. A ciklonazonosításhoz felhasznált reanalízis adatok forrása az ERA Interim, illetve az NCEP-DOE R2 adatbázisok, melyeket az 1981–2010-es időszakra elemeztünk.

Abstract: The aim of the study is to give a climatological analysis of the cyclones in the Mediterranean region based on reanalysis data. The cyclones generated in the Mediterranean are important since they often result in heavy rain and snow events and other hazardous weather. In this study we analysed the annual cycle and the spatial patterns of cyclone frequency. The datasets used for the cyclone identification are from the ERA Interim and the NCEP-DOE R2 reanalysis data for the period between 1981 and 2010.

Bevezetés. A mediterrán térségben kialakuló ciklonok nagy hatással vannak hazánk időjárásának alakulására és ezen keresztül az éghajlati paraméterekre is.

A mérsékelt övi ciklonok jellemzőit sokan, számos módszerrel elemezték (*Serreze*, 1995; *Hoskins és Hodges*, 2002; *Pinto et al.*, 2005) különböző területeket figyelembe véve. Kifejezetten a mediterrán térség ciklonjait vizsgáló munkák is ismeretesek (*Trigo et al.*, 1999; *Lionello és Giorgi*, 2007; *Bartholy et al.*, 2009). A ciklonok azonosításának módszerét két fő csoportra oszthatjuk. Az euleri módszer egy adott paraméter mezejéből kiválasztott jól azonosítható szinoptikus jel szórását vizsgálja (*Hoskins és Hodges*, 2002; *Lionello és Giorgi*, 2007). A lagrange-i megközelítés pedig a ciklonokat egy vagy több tulajdonságuk alapján azonosítja a vizsgált mezőben, majd végigköveti fejlődésüket. A dolgozatban az utóbbi módszertan egy változatát alkalmaztuk.

A vizsgálatban definíció szerint mediterrán ciklonnak tekintünk minden olyan mérsékelt övi ciklont, amely a Földközi-tenger térségében képződött. E ciklonok általában kisebbek és nem olyan mélyek, mint a mérsékelt övi ciklonok többsége, és dinamikájukban is kissé eltérnek ezektől. Fejlődésükben jelentős szerepet játszik a Földközi-tenger, mely nedvesség és látens hőforrás számukra.

A munka során első lépésként egy ciklon felismerő algoritmust fejlesztettünk ki, amely a tengerszinti légnyomás (mean sea level pressure, MSLP) mező és a 850 hPa-os izobár szinti örvényesség alapján azonosítja a ciklonközpontokat. A módszer az MSLP mezőben minimumokat, az örvényesség mezőben pedig maximu-

mokat keres, mivel a ciklonok alacsony nyomású vertikális tengelyű örvényeknek tekinthetők.

A vizsgálatokat a közelmúlta, az 1981-től 2010-ig terjedő időszakra végeztük el. A ciklonazonosításhoz szükséges adatbázis a mediterrán térségre vonatkozóan két reanalízis idősorból: az ERA Interim 2,5°-os felbontású verziójából és az NCEP-DOE második számú reanalízisének 2,5°-os felbontású adataiból állt.

A tanulmány első felében a felhasznált adatok, illetve a módszertan kerül bemutatásra, majd az eddig elért eredmények ismertetése, s egy rövid összefoglaló következik.

Adatok és módszer. A reanalízis adatbázisok a légkör állapotának globális elemzései, melyeket múltbeli mérési adatok felhasználásával egy egységes korszerű adatasszimilációs rendszerrel állítanak elő a nagyobb meteorológiai központok, főként kutatási célokra. Munkánk során a ciklonok előfordulását két különböző felbontású és különböző adatasszimilációs rendszerrel készült reanalízis adatson vizsgáltuk.

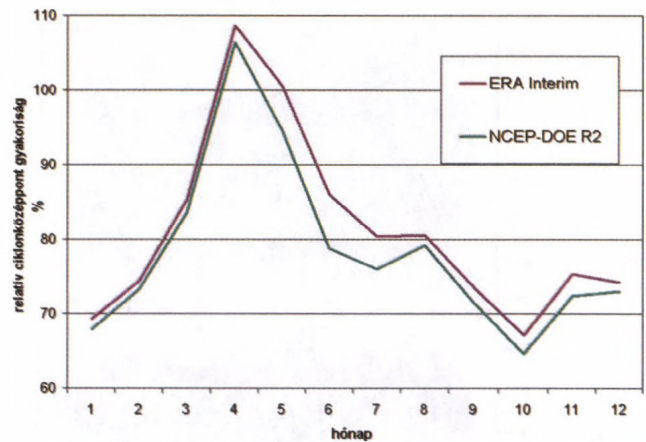
NCEP-DOE Reanalízis 2. Az NCEP-DOE Reanalízis 2 az amerikai Nemzeti Környezeti Előrejelző Központ (National Centers for Environmental Prediction (NCEP) (*Kanamitsu et al.*, 2002) által készített adatbázis, horizontális felbontása 2,5°. A vizsgált terület a ny.h.15°-tól a k.h.45°-ig, illetve az é.sz.27,5°-tól az é.sz.55°-ig terjed. A ciklonok azonosításához az MSLP-t és a 850 hPa-os izobár szint relatív örvényességét használtuk fel. Mivel az örvényesség adatok nem voltak közvetlenül elérhetők, ezért a 850 hPa-os izobár szint szélkomponens (*u*, keleti és *v*, északias) értékek alapján mi számítottuk az örvényességet.

ERA Interim Reanalízis. Az ERA Interim reanalízis az Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központ (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) által készített reanalízis (Dee et al., 2011). Az adatbázis 1979-től indul, és napjainkig folyamatosan bővül. A reanalízis eredeti felbontása T255, mely körülbelül $0,75^\circ$ horizontális felbontású rácsnak feleltethető meg. A munka során az összehasonlíthatóság érdekében az NCEP-DOE reanalízissel megegyező, $2,5^\circ$ -os horizontális felbontáson használtuk fel az adatokat. A felhasznált változók ugyanazok, mint az előző esetben, és a vizsgált terület is megegyezik az előzővel.

Módszer. A ciklonokat a MSLP és a 850 hPa-os izobár szintű őrvenyesség mezejének szélsőértékei alapján határoztuk meg. Mérsékeltövi ciklonok azonosításához gyakran használt paraméter az MSLP mező (Hoskins és Hodges, 2002; Lionello és Giorgi, 2007; Bartholy et al., 2009) amelynek minimumai jelölik a ciklonközpontokat. Az MSLP mezőt viszont jelentős mértékben befolyásolja a nagy skálájú folyamatok háttermezeje, illetve az extrapoláció, amivel a földfelszíni légnyomás értékét átszámítjuk a tengerszintre. Az extrapoláció révén megjelenik a domborzat hatása az adatokban. A ciklonok azonosításához általánosan használt paraméter még a szabad légkör alsó szintjének őrvenyessége is, amelynek maximumai jelölik a ciklonközpontokat. Ez a mező jobban leírja a kisebb skálájú folyamatokat, így a mediterrán térség ciklonjai is jobban beazonosíthatóak (Hoskins és Hodges, 2002). Nagy felbontású adatok esetében viszont zajos lehet, ezért szükséges a simítása (Woollings et al., 2010) vagy kisebb felbontáson való alkalmazása (Hodges et al., 2011). Mindezek figyelembevételével mindkét adatbázis esetében a $2,5^\circ$ -os horizontális felbontást alkalmaztuk. Az őrvenyesség mezőt alkalmazva a kereső algoritmusok jellemzően több ciklont azonosítanak, mintha a nyomási mezőket használjuk (Hodges et al., 2011). Ezen tulajdonságokat figyelembe véve döntöttünk a két mező együttes használata mellett. Így az őrvenyességi mező segítségével azonosíthatjuk a kisebb skálán előforduló őrvenyeket, de a nyomási mező figyelembevételével kiszűrjük a nem ciklonális képződményekhez kapcsolódó őrvenyeket.

Az algoritmus tehát az MSLP mezőben a minimumokat keresi, míg az őrvenyesség mezőben a maximumokat. Abban az esetben, ha a két szélsőség egymás közelében található, akkor azt egy lehetséges ciklon-középpontként azonosítja. Ez után megvizsgálja a középpont környezetét, és azon rácsponthoz, ahol a légnyomás 1013,15 hPa-nál kisebb, és egyben az őrvenyesség 10^{-6} l/s-nál nagyobb, a ciklonhoz tartozó területnek tekinti. A küszöbértékeket a szakirodalom (Trigo et al., 1999; Bartholy et al., 2009) és a saját empirikus vizsgálataink alapján határoztuk meg.

Eredmények. Elemzéseink során az adatsorokban azonosított ciklon-középpontok időbeli gyakoriságát vizsgáltuk. Értékeljük az egész térségre a vizsgált 30 évre vo-



1. ábra: A mediterrán térségben beazonosított átlagos havi relatív ciklonközpont gyakoriság értékek az ERA Interim és az NCEP-DOE R2 reanalízis adatsorok alapján (1981-2010 időszak).

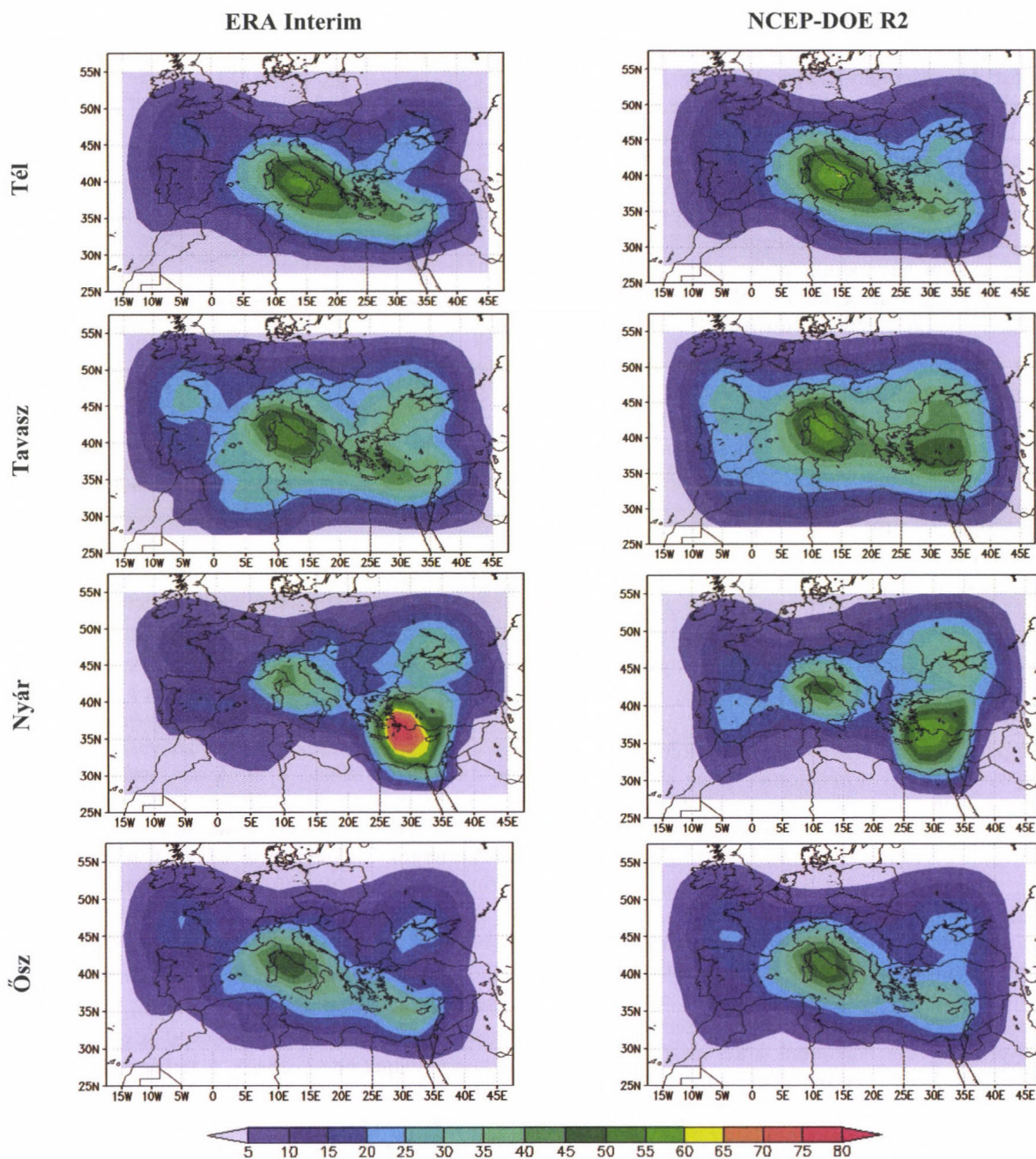
natkozó átlagos havi ciklon gyakoriság adatokat, és az évszakos ciklon gyakoriság értékek területi eloszlását.

Az 1. ábrán látható a havi relatív gyakoriság értékek évi menete, ahol a 100%-nak azt tekintettük, ha a vizsgált hónap minden időlépcsőjében jelen volt a térségben egy ciklon. Természetesen előfordulhat olyan eset is, hogy ezen elméleti maximumon felül bizonyos időlépcsőkben több ciklon is található a térségben, ezért nem ellentmondás, ha a gyakoriság értéke esetleg meghaladja a 100%-ot. A két reanalízis mező soron végzett elemzésben a gyakoriságok évi menete jó egyezést mutat. Az ERA Interim adatokból valamelyest több ciklon azonosítható, ami összhangban van más, korábbi tanulmányok (pl. Hanson et al. 2004; Trigo, 2006) eredményeivel.

Mindkét reanalízis adatbázis alapján áprilisban fordul elő a térségben a legtöbb ciklon.

A ciklonok területi eloszlását évszakos gyakoriság térképeken mutatjuk be (2. ábra). A térképekről leolvasható, hogy a két különböző reanalízis alapján meghatározott ciklonközpontok gyakoriságának területi elhelyezkedése jó egyezést mutat, csak nyáron Ciprus térségében figyelhető meg eltérés. Tehát a ciklonok leggyakrabban az Appennini-félsziget, Ciprus és a Fekete-tenger területén fordulnak elő. Ezek a térségek jól átfednek a szakirodalomból (Trigo et al., 1999) ismert főbb mediterrán ciklogenezis központok területi elhelyezkedésével.

A téli ciklongyakoriság eloszlás térképeken a fő maximumok az Appennini-félsziget déli térségében jelennek meg. E mellett csökkenő jelentőséggel, az Égei-tenger és Ciprus környékén, illetve a Fekete-tenger nyugati felénél találhatóak magas gyakorisági értékek. Tavasszal a legnagyobb ciklongyakoriság értékek szintén az Appennini-félsziget környékén találhatóak, de most kicsit északabbra. Emellett megfigyelhető még egy maximum Ciprus térségében és a Fekete-tengernél.



2. ábra: A ciklonközpontok gyakorisági értékek területi eloszlása a két reanalízis adatbázis alapján (ciklon-központ / 6h / évszak egységben kifejezve).

A Földközi-tenger térségében megjelenő nyári ciklonközpontok szerint három fő gócpont azonosítható, melyek jól elkülöníthetők egymástól. Ezek a Genovai-öböl, a Földközi-tenger keleti medencéje és a Fekete-tenger északi része, illetve negyedikként még megjelenik egy gyengébb maximum az Ibériai-félszigeten. A legnagyobb különbség a két reanalízis eredményei között ebben az évszakban látható. Az ERA Interim adatok alapján jóval nagyobb a Ciprus térségében képződő és átvonuló ciklonközpontok száma. Az őszi gyakoriság eloszlás térképeken a két adatsor mintázata nagyon hasonló. A legmarkánsabb ciklongyakoriság ebben az évszakban is az Appennini-félsziget környékén található, ami mellett még megjelenik a ciprusi és az észak

fekete-tengeri középont. Az ERA Interim adatsorban talált több ciklon valószínűleg az adatok nagyobb eredeti felbontásának köszönhető. Tehát a nagyobb felbontáson előállított adat simított mezőjéből több ciklon volt azonosítható, mint az eleve kisebb felbontáson előállítottból. Ennek oka lehet többek között az orográfia eltérő felbontású figyelembevétele, a két adatasszimilációs rendszer eltérései valamint a bemenő megfigyelési adatok és egyéb technikai részletek.

Összegzés. A munka során két reanalízisből azonosított ciklonok átlagos megjelenési gyakoriságának éves menetét, illetve évszakai területi elrendeződését vizsgáltuk. Az elemzett tartomány a Kárpát-medence irányába kibő-

vített mediterrán térség volt, figyelembe véve, hogy a mediterrán ciklonok jelentős hatással vannak hazánk időjárására. A két adatsort egységesen az 1981 és 2010 közötti harminc éves időszakra vonatkozóan alkalmaztuk. A vizsgálatok igazolták, hogy a két különböző reanalízis adatsor alapján azonosított ciklonok gyakoriságának éves menete jó egyezést mutat, és hogy a térségben leggyakrabban áprilisban fordulnak elő ciklonok.

Köszönetnyilvánítás

A munka során felhasznált NCEP-DOE reanalízis adatokat a NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, biztosította, az ERA Interim adatokat, pedig az ECMWF biztosította. A kutatást az OTKA K-78125 számú pályázata támogatta, valamint a FuturICT.hu TÁMOP 4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0013, a KMR_12-1-2012-0206 és a GOP-1.1.1.-11-2012-0164 kutatási pályázatok.

Irodalom

Bartholy, J., Pongrácz, R., Pattantyús-Ábrahám, M., 2009: Analyzing the genesis, intensity, and tracks of western Mediterranean cyclones. *Theor Appl Climatol* 96:133–144.

Dee, D.P., Uppala, S.M., Simmons, A.J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M.A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A.C.M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A.J., Haimberger, L., Healy, S.B., Hersbach, H., Hólm, E.V., Isaksen, I., Kållberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally, A.P., Monge-Sanz, B.M., Morcrette, J.-J., Park, B.-K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, C., Thépaut, J.-N. and Vitart, F., 2011: The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 137: 656, 553–597.

Dickinson, R.E., R.M. Errico, F. Giorgi and G.T. Bates, 1989: A regional climate model for the western United States, *Climatic Change*, 15: 383–422.

Hanson, C. E., Palutikof, J. P., Davies, T. D., 2004: Objective cyclone climatologies of the North Atlantic - a comparison between the ECMWF and NCEP Reanalyses. *Climate Dynamics*, 22(6-7), 757–769. doi:10.1007/s00382-004-0415-z

Hodges, K. I., Lee, R. W., Bengtsson, L., 2011: A Comparison of Extratropical Cyclones in Recent Reanalyses ERA-Interim, NASA MERRA, NCEP CFSR, and JRA-25. *J. Clim.*, 24: 4888–4906.

Hoskins, B.J. and Hodges, K.I., 2002: New Perspectives on the Northern Hemisphere Winter Storm Tracks. *J. Atmos. Sci.* 59: 1041–1061.

Kanamitsu, M., Ebisuzaki, W., Woollen, J., Yang, S.-K., Hnilo, J.J., Fiorino, M. and Potter, G.L., 2002: NCEP DOE AMIP-II Reanalysis (R-2). *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 83 (11): 1631–1643

Lionello, P. and Giorgi, F., 2007: Winter precipitation and cyclones in the Mediterranean region: future climate scenarios in a regional simulation. *Adv. Geosci.* 12 : 153–158.

Pinto, J.G., Spanghel, T., Ulbrich, U. and Speth, P., 2005: Sensitivities of a cyclone detection and tracking algorithm: individual tracks and climatology. *Meteorol Zeitschrift* 14: 823–838.

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

Trigo, I. F.: 2006. Climatology and interannual variability of storm-tracks in the Euro-Atlantic sector: a comparison between ERA-40 and NCEP/NCAR reanalyses. *Climate Dynamics*, 26(2-3), 127–143. doi:10.1007/s00382-005-0065-9

Trigo, I.F., Davies and T.D., Bigg, GR, 1999: Objective climatology of cyclones in the Mediterranean region. *J Climate* 12: 1685–1696.

Woollings, T., Hoskins, B., Blackburn, M., Hassell, D. and Hodges, K., 2010: Storm track sensitivity to sea surface temperature resolution in a regional atmosphere model. *Climate Dynamics*, 35(2-3), 341–353. doi:10.1007/s00382-009-0554-3

KISLEXIKON POCKET ENCYCLOPAEDIA

Somfalvi-Tóth Katalin

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

Bowen arány a szenzibilis és látens hőáram aránya. (Weidinger T.: *Mikrometeorológiai mérések az ELTE Meteorológiai Tanszékén*)

bulk Richardson szám <BRN, ang> *tényleges Richardson szám*, a meteorológiában használt stabilitási (labilitási) index, dimenzió nélküli, Lewis Fry Richardson (1881-1953) matematikus és meteorológusról elnevezett szám, ami a potenciális és a kinetikus energia, a felhajtó erőből származó sebesség és a vertikális szélnyírás hányadosa. Az elméleti Richardson-szám közelítése véges differenci hányadossal. A kritikus Richardson szám (0,25) alatt a konvekció szabad, a légréteg labilis. (Ács F., Breuer H.: *A talaj szerepe a meteorológiában és a klimatológiában*)

eddy-kovariancia módszer, *eddy korreláció*, *örvény-fluxus módszer* a meteorológiai mérési gyakorlatban a függőleges turbulens fluxus meghatározására és mérésére használt eljárás. A fluxus a pillanatnyi szélsősebesség és valamilyen skaláris mennyiség értékeiből, szennyezőanyag koncentráció,

statisztikus módszerrel kiszámított érték. (Barcza Z., Haszpra L., Hidy D., Gelybó Gy., Dobor L.: *A légkör és a bioszféra közötti szén-dioxid csere vizsgálata*)

geoszinkron műhold, *geostacionárius műhold* a Földdel azonos szögsebességgel rendelkező mesterséges égitest. Mindig az Egyenlítő ugyanazon pontja fölött helyezkedik el. (Weidinger T.: *Mikrometeorológiai mérések az ELTE Meteorológiai Tanszékén*)

hervadásponthoz tartozó vízkészlet, *hervadáspon*, talaj hidrofizikai paraméter. Az a vízmennyiség a talajban, rendszerint a felső 1 méteres rétegre megadva, amelynél a növény akkor is a hervadás jelei mutatkoznak, ha a növényt telített térbe helyezzük. A növény által már nem hasznosítható vízmennyiség. Az agrometeorológiai gyakorlatban vízoszlop mm-ben adják meg a mennyiségét. (Ács F., Breuer H.: *A talaj szerepe a meteorológiában és a klimatológiában*)

folytatás a173. oldalon

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI NEWS OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SOCIETY

Németh Ákos

Magyar Meteorológiai Társaság, 1024 Budapest, Kitaibel P. u. 1., nemeth.a@met.hu

Rendezvényeink 2012. április 1. és december 31. között

Our programmes between 1 April and 31 December 2012

Április 10. Surek György: Újabb eredmények a parlagfű távérzékeléses felderítésében (az Agro- és Biometeorológiai Szakosztály rendezvénye)

Április 11. Kovács Győző: Veszprém időjárása és éghajlata, történeti feljegyzések alapján (a Szombathelyi Csoport rendezvénye)

Április 16. Kovács Mária: Röviden a globális és regionális klímamodellezésről (a Szegedi Csoport rendezvénye)

Április 17. Kántor Noémi: A termikus viszonyok szubjektív értékelésének vizsgálata városi közterületeken; **Unger János:** Beszámoló a 19. Nemzetközi Biometeorológiai Kongresszusról (az Agro- és Biometeorológiai Szakosztály rendezvénye)

Április 18. Tar Károly: A szélenergia hasznosítás reális lehetősége Magyarországon; **Bíróné Kircsi Andrea:** A szélenergia hasznosítás helyzete nemzetközi kitekintéssel; **Radics Kornélia:** A hazai szélklíma regionális tendenciái a szélenergia-hasznosítás tükrében; **Kádár Péter:** A szélenergia integrálása a hálózatba; **Gertner Orsolya:** Szélenergetikai becslések mérési adatok és modell számítások alapján (a Nap- és Szélenergia Szakosztály rendezvénye)

Április 19. Koppány György: Kihívások a XXI. században (a Szegedi Csoport rendezvénye)

Április 19. Bihari Zita: A magyarországi megfigyelések szélső értékei; **Fővényi Attila:** Meteorológiai világ- és kontinens-rekordok; **Mika János:** SREX - Az IPCC tematikus jelentése (az Éghajlati Szakosztály rendezvénye)

Április 20. Mika János: A sakkjáték földrajza (a Szombathelyi Csoport rendezvénye)

Április 24. Horváth László: Félév a bohémek és morvák földjén (a Szombathelyi Csoport rendezvénye)

Május 8. AZ MMT NYÍREGYHÁZI CSOPORTJÁNAK ALAKULÓÜLÉSE

Dunkel Zoltán: A jövő erőforrása az időjárás és az éghajlat. A nemzeti meteorológia intézetek szerepe ma és a jövőben;

Tar Károly: A Magyar Meteorológiai Társaság tevékenységének bemutatása (a Nyíregyházi Csoport rendezvénye)

Május 9. Tóth Zsombor: Hurrikánok nyomában (a Szombathelyi Csoport rendezvénye)

Május 17. Szintai Balázs: Az AROME nem-hidrosztatikus időjárás előrejelző modell fizikai parametizációi (a Léggördinamikai Szakosztály rendezvénye)

Május 18. Rákóczi László: A VITUKI korai áramlás- és üledékdinamikai mérései; **Kiss Melinda:** Határréteg mechanizmus vizsgálata nyílt vízi és nádas vízi jellegzőnák között; **Krűszelyi Ilona:** A városi energia-mérleg modellezése; **Krámer Tamás:** Fertő-tavi vízpótlás csóvjának elkeveredése; **Szilágyi József:** A területi párolgás becslése MODIS képek segítségével (a Léggördinamikai Szakosztály rendezvénye)

Május 21. Csirmaz Kálmán: Mezoskálájú örvények (a Róna Kör rendezvénye)

Május 23. Patkós Csaba: A RUBIRES program tapasztalatai az egri kistérségben; **Tóth Tamás:** A nap- és szélenergia hasznosítás társadalmi támogatottsága a Hernád-völgyben; **Munkácsy Béla:** Szemelvények a VISION 2040 HUNGARY fenntartható energia-forgatókönyv társadalomtudományi összefüggéseiből; **Pálvölgyi Tamás:** A Nemzeti Energiastratégia környezeti és fenntarthatósági értékelése (a Nap- és Szélenergia Szakosztály rendezvénye)

Június 21. Józsa János: Szél keltette sekély tavi áramlások mérése és modellezése; **Szépszó Gabriella:** Nagyfelbontású magassági szélklimatológiai információk dinamikai előállítás; **Szanyi Sándor:** Térbeli struktúraelemzés szél keltette tavi áramlásokban; **Torma Péter:** Egy balatoni hidrodinamikai előrejelző rendszer felé; **Homoródi Krisztián:** Szél keltette hullámmzás mérése, becslése és modellezése; **Szűcs Mihály:** Valószínűségi szélelőrejelzések vizsgálata (a Léggördinamikai Szakosztály rendezvénye)

folytatás a 152. oldalon

2012 ŐSZÉNEK IDŐJÁRÁSA WEATHER OF AUTUMN 2012

Rajhonáné Nagy Andrea

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., nagy.andrea@met.hu

A 2012-es ősz az 1901 óta mért 4. legmelegebb ősz volt, csapadék szempontjából pedig átlagosnak mondható.

Szeptember. Az ország egész területén az átlagnál melegebb volt. A legkisebb pozitív anomália hazánk nyugati részén volt, itt $+1,5-2^{\circ}\text{C}$ volt a különbség, míg a délkeleti térségben volt a legnagyobb az eltérés, itt a $+3^{\circ}\text{C}$ -ot is meghaladta. A hónap során melegebb és hűvösebb időszakok váltakoztak, bár a 30 napból 21 napon a sokéves átlag felett alakult a napi középhőmérséklet. Szeptember 21-ig hűlő tendencia figyelhető meg az értékekben, míg 21-től a hónap végéig melegedett.

A meleg küszöbnapok száma átlag felett alakult. Országos átlagban 15 nyári napot (napi maximumhőmérséklet $\geq 25^{\circ}\text{C}$) jegyeztünk, míg a sokévi átlag 8 nap, hőségnapból pedig (napi maximumhőmérséklet $\geq 30^{\circ}\text{C}$) 5 is előfordult, mely ebben a hónapban már nem jellemző, az 1971-2000-es átlag 1 nap.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

$35,2^{\circ}\text{C}$, Körösszakál (Hajdú-Bihar megye), szeptember 1.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

$-0,8^{\circ}\text{C}$, Zabar (Nógrád megye), szeptember 22.

Az ország nagyobb részén az 1971-2000-es normál csapadék 60-100%-a hullott, vagyis átlagos és átlag alatti csapadéku területek voltak jellemzőek. Átlag feletti értékeket az Alpokalján és a már említett délnyugat-északkeleti sávban mértünk, a legmagasabb arányok az ország középső területein jelentkeztek, itt 160%-ot is meghaladó, vagyis több mint másfélszeres csapadékösszegek is előfordultak. Ezzel szemben a Körös-vidéken a szokásos csapadéknak csupán a 40-60%-át regisztráltuk.

Országos átlagban 7 csapadékos nap volt, mely eggyel marad el a sokéves átlagtól. A zivataros napok száma a normálnak megfelelően alakult (1 nap).

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

$88,6\text{ mm}$, Alsószentmárton (Baranya megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

$18,3\text{ mm}$, Pocsaj (Hajdú-Bihar megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

$50,0\text{ mm}$, Bükkzentkereszt (Borsod-Abaúj-Zemplén megye), szeptember 19.

Október. Az előző hónapokhoz hasonlóan ismét egységesen pozitív hőmérsékleti anomália jelentkezett hazánk egész területén, 0 és $+1,5^{\circ}\text{C}$ közötti értékek voltak jellemzőek országszerte. Ennél nagyobb eltérés Csongrád megyében, illetve a Bükk térségében fordult elő nagyobb területen. A hónap során, a normálhoz viszonyítva, két melegebb és két hidegebb időszakot tapasztaltunk. A hónap egy kellemesen meleg héttel indult (szeptember első felében szoktak ilyen magas napi középhőmérsékletek jelentkezni), a napi maximumhőmérsékletek általában még 20°C felett alakultak országszerte (sőt egyes napokon jóval meg is haladták azt). A jó időnek a 8-án érkező markáns hidegfront vetett véget,

több mint 5°C -os lehűlést okozva egyik napról a másikra. Ez az átlagnál 2-3 fokkal hűvösebb idő 13-áig tartott, innen-től ismét egy melegebb időszak következett, egészen 27-ig, amikor ismét lehűlés következett.

Országos átlagban 1 nyári nap fordult elő, ami megegyezett a sokéves átlaggal. A fagyos napok száma azonban átlag alatt alakult, országos átlagban 2 olyan napot regisztráltunk csupán, amikor a napi minimumhőmérséklet nem haladta meg a 0°C -ot (a normál 4 nap).

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

$30,8^{\circ}\text{C}$, Körösszakál (Hajdú-Bihar megye), október 1.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

$-5,4^{\circ}\text{C}$, Nagy-Hideg-hegy (Pest megye), október 30.

A hónapban hazánk jelentős részén 1,5-2-szeres csapadékösszegeket mértünk (140-200%), sőt Csongrád megye térségében 2-2,5-szeres értékek jelentkeztek. Az ország K-ÉK-i részen viszont nem érte el a normál értéket a csapadékösszeg, annak 60-100%-a hullott. Bár az első havazás átlagos időpontja még hegységeinkben is novemberre esik, 2012-ben országszerte már október végén lehullott az első hó (28-29-én), s néhány helyen – főként az ország nyugati felében – meg is maradt rövid ideig. A maximális hóvastagságot, 17 cm-t Szuha Mátraalmás állomásunkon mértük, október 30-án.

A csapadékos napok száma (10 nap) kevéssel meghaladta a sokévi átlagot (8 nap). Országos átlagban 1-1 havas és hótakarós napot regisztráltunk, sőt a sokévi átlagtól eltérően (0 nap) 2 zivataros napot is észleltünk.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

$113,9\text{ mm}$, Szentgotthárd Farkasfa (Vas megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

$17,9\text{ mm}$, Milota (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

$44,8\text{ mm}$, Fülöpháza (Bács-Kiskun megye), október 2.

November. Az Északi-középhegység legmagasabb pontjait kivéve, az egész országban 5°C feletti havi középhőmérsékletet mértünk a hónapban. Az 1971-2000-es sokéves átlagnál országszerte több fokkal melegebb volt, hazánk keleti felében $2-3^{\circ}\text{C}$ -os, középső és nyugati részén pedig $3-4^{\circ}\text{C}$ -os pozitív anomália volt jellemző.

A napi középhőmérsékletek országos átlagai szinte egész novemberben a normál felett alakultak, csupán 7-én és 9-én volt hűvösebb az átlagnál. A legnagyobb pozitív anomáliák a hónap végén jelentkeztek, 29-én $8,3^{\circ}\text{C}$ -kal volt melegebb a sokéves átlagnál.

A küszöbnapokat tekintve is kitűnik a hónap enyhe időjárása. Fagyos napból (napi minimumhőmérséklet $\leq 0^{\circ}\text{C}$) ugyanis az átlagos 12 helyett csupán 4-et regisztráltunk országos átlagban, míg téli nap (napi maximumhőmérséklet $\leq 0^{\circ}\text{C}$) nem fordult elő egy állomásunkon sem (a sokéves országos átlag 1 nap).

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

22,4°C, Körösszakál (Hajdú-Bihar megye), november 5.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

-5,2°C, Zabar (Nógrád megye), november 14.

Az ország legnagyobb részén a normálnál szárazabb hónapot zártunk, a legkevesebb csapadékban részesülő, középső területeken 30% alatti arány adódott, az ország döntő részén pedig 30-70% között alakult. Csak néhány helyen, a határ mentén hullott az átlagnál több csapadék. Havazás vagy hózápor csak egy-egy állomásunkon for-

dult elő 7-én, 18-án, 21-én és 29-30-án. A csapadékos napok száma országos átlagban 9 volt, mely eggyel elmarad a 10 napos normáltól.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

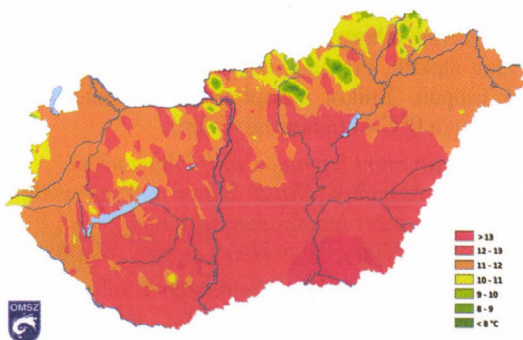
92,0 mm, Felsőszölnök (Vas megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

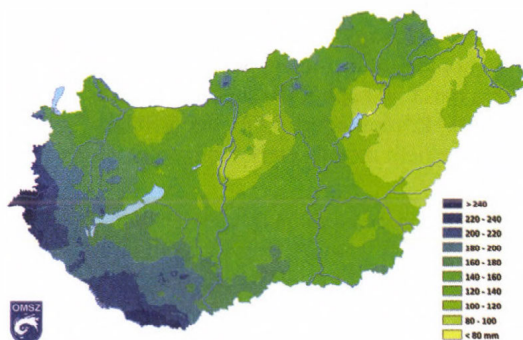
5,0 mm, Maglód (Pest megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

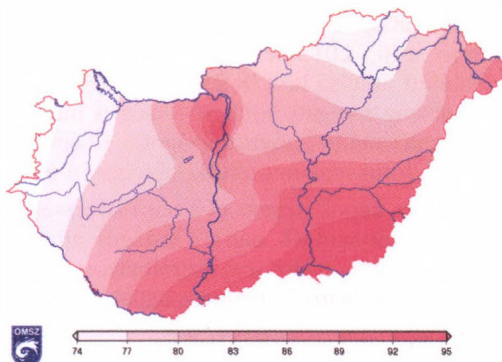
47,8 mm, Felsőszölnök (Vas megye), november 5.



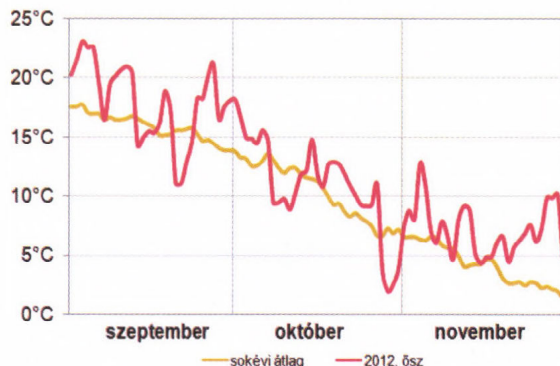
1. ábra: Az ős középhőmérséklete (°C).



2. ábra: Az ős csapadékösszege (mm).



3. ábra: Az ős globálisugárzás összege (kJ/cm²).



4. ábra: Az ős napi középhőmérsékletei és a sokéves átlag (°C).

2012. ős időjárási adatainak összesítője

Állomás	Napsütés (óra)		Hőmérséklet (°C)						Csapadék (mm)			Szél Viharos napok
	Évsz. össz.	Eltérés	Évsz. közép	Eltérés	Max.	Napja	Min.	Napja	Évsz. össz.	Átlag %-ban	> 1mm napok	
Szombathely	383	-9	11,5	1,9	31,2	2012.09.11	-2,5	2012.10.30	193	127	22	11
Nagykanizsa	-	-	11,8	2,0	31,9	2012.09.11	-2,9	2012.10.30	189	103	25	6
Siófok	424	-16	13,0	2,0	30,6	2012.09.11	-0,1	2012.10.31	139	100	17	14
Pécs	444	-9	12,9	1,9	31,6	2012.09.03	-1,9	2012.10.31	197	140	28	7
Budapest	460	39	12,7	1,9	32,9	2012.09.03	-0,7	2012.10.30	106	84	14	1
Miskolc	430	54	11,7	2,3	32,8	2012.09.03	-0,9	2012.11.16	137	116	17	1
Kékestető	380	-79	8,2	2,0	24,7	2012.09.03	-4,7	2012.10.30	192	96	23	23
Szolnok	460	12	12,7	2,1	32,8	2012.09.03	-0,8	2012.11.17	119	109	17	
Szeged	538	78	13,1	2,3	32,9	2012.09.02	-0,5	2012.10.31	140	139	16	5
Nyíregyháza	-	-	11,8	2,1	32,6	2012.09.01	-3,6	2012.11.16	91	79	17	8
Debrecen	492	61	12,4	2,2	33,7	2012.09.01	-2,5	2012.11.21	99	87	15	4
Békéscsaba	542	96	12,8	2,2	33,5	2012.09.01	-2,1	2012.10.31	119	105	15	3

TÉREY JÁNOS

A FIATAL NYÁR

Minden, ami most csupán tehetség,
Holnapután lesz cselekedetté:
Erdőpusztát ér válassza ketté,
Ördög fűtse a kövér kemencét,

S Bóreász a rezgőnyárfa terhét
Változtassa nyári hópehellyé!...
Minden, ami most csupán tehetség,
Holnapután lesz cselekedetté.

Vízágyuk ringása, mint a nemlét.
Jákob heveredjen Lea mellé.
Házuk mintha földrengés emelné.
Sok fiuk lesz, ahogyan szeretnék;
Minden, ami most csupán tehetség,
Holnapután lesz cselekedetté.

