

LÉGKÖR

66. évfolyam

2021. 3. szám



„Enterprise csillaghajó” alakú szupercellás zivatar a Balaton felett. A kép bal oldalán kirajzolódik a hátoldali leáramlás csapadéka, mellette a felfelhőbe betüremkedő tiszta réssel. Aznap szinte egymás sarkában haladtak a forgó zivatarfelhők a tó fölött. Készítette: Kállai Tivadar, Balatonboglár, 2021. június 25.



Házhoz jött szupercella. A Budai-hegyek fölött elhaladó vihart kiválóan meg lehetett figyelni az OMSZ székházának tetejéről. A fönti pillanatokban Hűvösvölgnél fákat csavart ki a szél. A behullámzó peremfelhő nagyobb horizontális szélnyírásra utalhat. Készítette: Kolláth Kornél, Budapest, 2021. július 9.



Szerkesztőbizottság:

Fejes Edina főszerkesztő
Tóth Róbert főszerkesztő-helyettes

Barcza Zoltán
Bartholy Judit
Bíróné Kircsi Andrea
Gál Tamás
Haszpra László
Kolláth Kornél
Lakatos Mónika
Sarkadi Noémi
Somfalvi-Tóth Katalin
Szépszó Gabriella
Szintai Balázs

Szabó Bernadett olvasó szerkesztő
Szabó Dorottya kiadványszerkesztő, grafikus

ISSN 0 133-3666

A kiadásért felel:
Dr. Radics Kornélia
az OMSZ elnöke

Készült:
Premier Nyomda
Budapest
600 példányban
Felelős vezető:
Király Attila

Évi előfizetési díja:
3000.- Ft
Megrendelhető az OMSZ
Gazdálkodási Osztályán
1525 Budapest Pf. 38.
E-mail: legkor@met.hu

TARTALOM

CÍMLAPON: Köd előttem, köd utánam - Bélapátfalva (Kaczur Csilla felvétele)

BELSŐ BORÍTÓK: Kolláth Kornél, Lakatos Mónika: Évszakos fotógaléria

Allaga-Zsebeházi Gabriella: Beszámoló az Első Országos Interdiszciplináris Éghajlatváltozási Tudományos Konferenciáról	4
TANULMÁNYOK	
Lakatos Mónika, Bihari Zita, Izsák Beatrix, Marton Annamária, Szentes Olivér: Megfigyelt éghajlati változások Magyarországon	5
Izsák Beatrix, Bihari Zita, Szentes Olivér: Éghajlatváltozás: homogenizált vagy nyers adatsorokat vizsgáljak?	12
Báder László: A párolgás szerepe és a „táji hőszigetek” hatása az éghajlati energia- és vízmérlegre	16
Dobi Ildikó: Napfénytartam és globálsugárzás sokévi átlag térképek Magyarországra	22
KRÓNIKA	
Lakatos Mónika: Kiterjedt, gyors és egyre intenzívebb az éghajlatváltozás az IPCC 6. értékelő jelentése szerint	29
Szabó Dorottya: Megjelent a kormányrendelet az Országos Meteorológiai Szolgálatról és a meteorológiai tevékenységről	30
Baranka Györgyi: 150 éve született Marcell György, a magyar magaslégkör kutatás megteremtője	31
Szabó Dorottya: Interjú Németh Ákossal, a Meteozskóp házigazdájával	36
Szolnoki-Tótván Bernadett: 2021 nyarának időjárása	39
Szabó Bernadett: Díszelőadás a Vígyszínházban	42
Sarkadi Noémi: Kislexikon	42

LIST OF CONTENTS

COVER PAGE: Fog in front of me and fog behind me (Csilla Kaczur's photo)

COVER PAGES: Kornél Kolláth, Mónika Lakatos: Seasonal photo gallery

Gabriella Allaga-Zsebeházi: Report on the First National Interdisciplinary Scientific Conference on Climate Change	4
STUDIES	
Mónika Lakatos, Zita Bihari, Beatrix Izsák, Annamária Marton, Olivér Szentes: Observed climate change in Hungary	5
Beatrix Izsák, Zita Bihari, Olivér Szentes: Climate change: should I study homogenized or raw datasets?	12
László Báder: The role of evaporation and the impact of „landscape heat islands” on climatic energy and water balance	16
Ildikó Dobi: Multiannual sunshine duration and solar radiation maps of Hungary	22
CHRONICLE	
Mónika Lakatos: Extensive, rapid and intensifying climate change is reported in the 6th IPCC Assessment Report	29
Dorottya Szabó: The government decree on the Hungarian Meteorological Service and meteorological activity has been published	30
Györgyi Baranka: György Marcell was born 150 years ago	31
Dorottya Szabó: Interview with Ákos Németh, host of the Meteozskóp	36
Bernadett Szolnoki-Tótván: Weather of summer 2021	39
Bernadett Szabó: Gala at Vígyszínház	42
Noémi Sarkadi: Pocket Encyclopedia	42

BESZÁMOLÓ AZ ELSŐ ORSZÁGOS INTERDISZCIPLINÁRIS ÉGHAJLATVÁLTOZÁSI TUDOMÁNYOS KONFERENCIÁRÓL

REPORT ON THE FIRST NATIONAL INTERDISCIPLINARY SCIENTIFIC CONFERENCE ON CLIMATE CHANGE

Allaga-Zsebeházi Gabriella

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1., zsebehazi.g@met.hu

2020-ban jegyezték be a Magyar Éghajlatváltozási Tudományos Testületet (HuPCC), melynek fő célja, hogy a hazánk éghajlatváltozásával kapcsolatos, számos területre kiterjedő legfrissebb tudományos eredményeket összegezze és egy „Nemzeti Értékelő Jelentés” (továbbiakban Jelentés) és különjelentések formájában adja közre az éghajlatváltozással foglalkozó döntéshozók (pl. kormányzati szereplők, önkormányzatok, gazdasági, civil szereplők) számára. A HuPCC működése és jelentései a lehetőségekhez mérten igazodnak az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) működési és jelentéskészítési protokolljához. Ennek megfelelően a Jelentés tartalomjegyzéke egy kifejezetten erre a célra megrendezett konferencián (2019. május 28–29., Szeged) készült el, amit az ITM által létrehozott Tárcaközi Éghajlatváltozási Bizottság véleményezett és hagyott jóvá. A tartalomjegyzék tükrözi az éghajlatváltozáshoz kapcsolódó tudományterületek sokrétűségét, hiszen a fejezetek között a meteorológiai változások, alkalmazkodási, mérséklési témaköröket bemutató címszavak mellett helyet kaptak az etikai, jogi, biztonsági, oktatási, szemléletformálási témák is. Az IPCC Jelentések mintájára a Nemzeti Értékelő Jelentés döntéshozói összefoglalóját szintén a Tárcaközi Éghajlatváltozási Bizottság hagyja majd jóvá.

A Jelentés készítésének következő lépése a szerzők kiválasztásának folyamata, amelynek első állomásaként megrendezésre került az Első Országos Interdiszciplináris Éghajlatváltozási Tudományos Konferencia 2021. április 12–15. között. A rendezvény a koronavírus-járvány miatt az online térben zajlott. A konferencia fő céljai között szerepelt az éghajlatváltozás magyarországi vonatkozásait kutató különböző műhelyek feltérképezése, valamint egy olyan fórum biztosítása, ahol az eltérő szakterületek kutatói megismerhetik egymás eredményeit, és ezekről párbeszédet folytathatnak.

A konferencia nyitó plenáris előadásán köszöntőt mondott Áder János köztársasági elnök, a konferencia fővédnöke, Palkovics László miniszter, Innovációs és Technológiai Minisztérium (ITM) valamint Láncki András, a Budapesti Corvinus Egyetem (BCE) rektora – a rendezvényt ugyanis a BCE fogadta be, és egyben platformot biztosított az előadások online megtartásához. Ezt követően Hoesung Lee, az IPCC elnöke köszöntötte a résztvevőket, majd Botos Barbara, az Innovációs és Technológiai Minisztérium (ITM) klímapolitikáért felelős helyettes államtitkára kiemelte, hogy a kapcsolódó szakpolitika számára egy politikailag releváns, de nem előíró jelentés létrejötte rendkívül fontos. Az üzleti szférát ifj. Chikán Attila, a Magyarországi Üzleti Tanács a Fenntartható Fejlődésért szervezet elnöke, a civil szférát

pedig Farkas István a Magyar Természetvédők Szövetségének társelnöke képviselte. Végül a HuPCC és a konferencia háttérét és céljait Úrge-Vorsatz Diana, klímakutató, a HuPCC társ alelnöke (a Közép-Európai Egyetem Professzora, az IPCC III. munkacsoportjának alelnöke) ismertette.

Mindegyik nap plenáris szekcióval kezdődött, ahol az egyes szakterületek kiemelt képviselői tartottak előadást. A múltbeli és várható éghajlatváltozás meteorológiai aspektusait Dr. Radics Kornélia, az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) elnöke foglalta össze a hétfői plenáris szekcióban.

A konferencián a különböző szekciók a készülő Jelentés tartalomjegyzéke szerint kerültek meghatározásra. Két szekció kapcsolódott a meteorológiához. A Megfigyelt éghajlati változások szekciót Dr. Barcza Zoltán, az ELTE Meteorológiai Tanszékének munkatársa és Dr. Lakatos Mónika, az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) éghajlati szakértője vezette. A szekcióban elhangzott előadások érintették a paleoklimatológia, valamint a jelenkori megfigyelt éghajlatváltozás témakörét, és kitértek a megfigyeléseken alapuló hatásvizsgálatokra is, mint például a vízmérleg-változás ökológiára, mezőgazdaságra és az épített környezetre vonatkozó hatásaira.

Az Éghajlati kényszerek, éghajlati forgatókönyvek és hatások szekciót Dr. Bartholy Judit egyetemi tanár, (ELTE Meteorológiai Tanszék), valamint Dr. Fodor Nándor, tudományos főmunkatárs (ATK Mezőgazdasági Intézet) elnökölte. A szekcióban többek között szó volt a klímamodell eredmények alapján Magyarországon várható éghajlatváltozás jellemzőiről, valamint ennek az ökoszisztémára, hidrológiára, mezőgazdaságra, erdőkre, városokra kifejtett hatásairól.

A konferencia klasszikus elemei (előadások, poszterszekció) mellett kerekasztal beszélgetések és társasági események is helyet kaptak – mindez természetesen virtuális formában. A társasági események programjában megtalálható volt a könyvbemutató, filmvetítés, előadás és beszélgetés például az éghajlatváltozás és az étkezés, csokoládé, kávé kapcsolatáról.

A konferencián 266 előadás hangzott el 186 intézmény képviseletében. Feltehetően a virtuális formának köszönhetően az eseményre összesen több, mint 1000 résztvevőt regisztráltak.

A Jelentés következő állomása a szerzők kiválasztása lesz. Az írásos anyag első verziója várhatóan a jövő év folyamán készül el, míg a Jelentés végleges megjelentetésének tervezett határideje 2023 év vége.

MEGFIGYELT ÉGHAJLATI VÁLTOZÁSOK MAGYARORSZÁGON

OBSERVED CLIMATE CHANGE IN HUNGARY

Lakatos Mónika, Bihari Zita, Izsák Beatrix, Marton Annamária, Szentes Olivér

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.

lakatos.m@met.hu, bihari.z@met.hu, izsak.b@met.hu, marton.a@met.hu, szentes.o@met.hu

Összefoglaló: A megfigyelt hazai éghajlati változások összhangban alakulnak a tágabb környezetünkben tapasztalható tendenciákkal. Az OMSZ éghajlati adatbázisa alapján készült, ellenőrzött, homogenizált, reprezentatív adatokon végzett tendencia elemzések szerint a múlt század eleje óta 2020-ig 1,2 °C-os az országos átlaghőmérséklet emelkedés. 1901 és 2020 között a nyarak melegek leginkább, 1,3 fokkal, legkevésbé az őszi (1 °C), míg a tavaszok és a telek melege is jelentős (1,2 °C). A melegedéssel együtt kevesebb a fagyos nap, mint a XX. század elején: 1901-től 2020-ig 19 nappal országos átlagban. Leginkább a meleg hőmérsékleti szélsőségek gyakoribbá válásában mutatkoznak meg az éghajlatváltozás jelei hazánkban. A legutóbbi 40 évben igen intenzív melegedésnek vagyunk tanúi. A hóhullámos napok a kisalföldi és a dél-alföldi régiókban gyarapodtak leginkább, több mint kéthetes a növekedés 1981-től az említett területeken. A csapadék-változások kevésbé egyértelműek. Az évi összeg kismértékben, 4%-kal csökkent, tavasszal 17%-kal hullik kevesebb, mint a századelőn, az őszi fogyás is meghaladja a 10%-ot. Télen és nyáron növekedni látszanak az évszakos összegek 1901-től. Fontos hangsúlyozni, hogy csak a tavaszi csökkenés szignifikáns 90%-os megbízhatósággal. A legutóbbi 40 évben viszont az évi összeg növekedése eléri a szignifikáns mértéket. Nyáron közel 20%-kal, ősszel és télen pedig 27, illetve 22%-kal hullik több 1981 óta, noha ezek a változások még nem szignifikánsak. Kevesebb csapadékos napot tapasztalunk, 17 napos a csökkenés 1901-től; hosszabbá váltak a száraz időszakok, átlagosan 4 nappal a múlt század elejétől. Intenzívebb a nyári csapadék, országos átlagban 1,4 mm-rel jut több 1 napra 1901-től. Az 1981–2020 időszakban a nyári intenzitás több területen megnövekedett, jellemzően az ország középső és északi részein, helyenként 3 mm/napot meghaladó mértékben.

Az utóbbi évtizedeket jellemző magas pozitív hőmérsékleti anomáliák és a szélsőségesebbé váló csapadékviszonyok is indokolják az éghajlati állapot folyamatos nyomon követését. A tágabb környezetünkben, így a Kárpát-medencében jelentkező változásokat is figyelemmel kell kísérni a sikeres alkalmazkodási stratégia kialakításához a régióban.

Abstract: The observed climate changes in Hungary are in good accordance with the climatic trends in our wider environment. According to trend analyses based on quality controlled, homogenized, representative dataset derived from the measurements stored in the climate database of OMSZ (Hungarian Meteorological Service) climate database, the countrywide average temperature has been increased by 1.2 °C since the beginning of the last century. Between 1901 and 2020, summers warmed the most, by 1.3 degrees; the smallest temperature increase is in autumn (1 °C), while spring and winter warming were also significant. Due to the warming, there are fewer frost days than in the beginning of the XX. century: less by 19 days from 1901 to 2020 on a countrywide average. Heatwaves occur more frequently in the recent decades. The warming is very intense in the last 40 years. The heatwave days increased the highest on the Little Hungarian Plain and the lowland and southern Great Hungarian Plain regions, with more than two weeks of growth since 1981 in those areas. Precipitation changes are less clear. The annual amount has decreased slightly, by 4%, in the spring it falls by 17% less than at the turn of the last century, and the decrease in autumn also exceeds 10%. The seasonal sum appear to increase from 1901 in winter and summer. It is important to emphasize that only the spring decrease is significant with 90% confidence. In the last 40 years, however, the increase in the annual amount has reached a significant rate. It has fallen by almost 20% in summer and 27% and 22% more in autumn and winter, respectively, since 1981, although not significantly with 90% confidence. There were fewer rainy days, a 17-day decline from 1901, and the dry periods became longer with 4 days in countrywide average from the beginning of the last century. The summer precipitation is more intense, 1.4 mm more fall in 1 day from 190 in average. Between 1981 and 2020 the summer intensity increased in several areas, typically in the central and northern parts of the country, in some places exceeding 3 mm / day.

The high positive temperature anomalies of recent decades and the increasing extreme rainfall conditions justify continuous monitoring of the climate. Changes in our wider environment, including the Carpathian Basin, must also be monitored in order to develop a successful adaptation strategy in the region.

Bevezetés. A XIX. század végétől nagy számban rendelkezésre álló rendszeres mérések, időjárási megfigyelések megmutatják, hogy miként változik a bolygónk klímája a mélyóceánoktól a magas hegycsúcsokig, a sarkvidékektől a trópusokig. Az éghajlatváltozás legnyilvánvalóbb tünete és indikátora is egyben a felszíni átlaghőmérséklet emelkedése. A 2021-es globális átlaghőmérséklet (január-

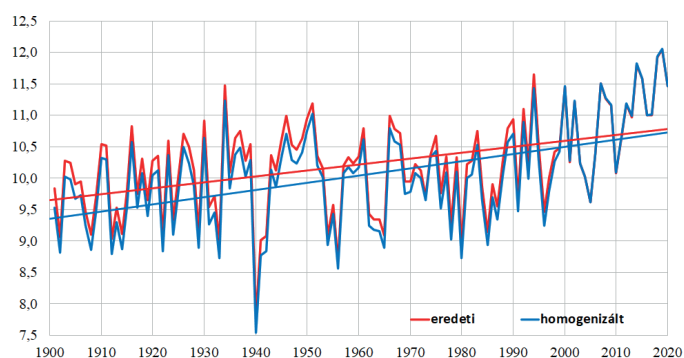
szeptemberi adatok alapján) körülbelül 1,09 °C-kal haladta meg az 1850–1900 idősokkal jellemezett iparosodás előtti időszak átlagát (WMO, 2021). A változó éghajlati körülményeknek még számos egyéb jelét tapasztaljuk ezen kívül, áll az IPCC legújabb, 6. értékelő jelentésében (IPCC, 2021). Bizonyos éghajlati szélsőségek amplitúdója megnőtt, illetve gyakoribbá váltak. A melegedés nem egyenletesen

oszlik el a Földön a mérések szerint: az északi félteke magasabb szélességei és a sarkvidék tájéka melegszik jobban. Európa is gyorsabban melegszik a globális átlagnál (EEA, 2017). Az éghajlatváltozás várhatóan jelentős következményekkel jár a Kárpát-medencében és annak tágabb környezetében a természetes ökoszisztémákra és minden termelő szektorra. A hatásokra való felkészülés tehát szükségszerű a hatások kivédéséhez, illetve csökkentéséhez. Az eredményes alkalmazkodáshoz elengedhetetlen a már megtapasztalt és jelenleg is zajló változások irányának és mértékének ismerete, melynek feltérképezéséhez alapvetően az OMSZ adatarchívumában összegyűjtött, illetve digitálisan is rendelkezésre álló mérésekre támaszkodhatunk. Ezek statisztikus klimatológiai eszközökkel történő feldolgozása és elemzése során megbízható következtetéseket vonhatunk le a közelmúlt és a jelen éghajlati viszonyairól, trendjeiről. Írásunkban bepillantást adunk az Olvasónak az OMSZ Éghajlati Osztályán végzett éghajlati monitoring tevékenységbe, és egy általános képet adunk a szinte naprakész hazai hőmérsékleti és csapadék tendenciákról.

Adatkezelési eljárások. A meteorológiai mérési adatsorok elemzésével megismerhetjük, és folyamatosan nyomon követhetjük Magyarország éghajlatának jellemzőit, ezeken tetten érhetjük az éghajlat hosszú távú megváltozásának jeleit. Az OMSZ adatarchívumában tárolt – korábban évkönyvekben, ma már digitálisan rendezett – adatok biztosítják az ország éghajlatát vizsgáló kutatások és egyéb környezeti értékelések hiteles alapját.

A szervezett meteorológiai mérések kezdete óta a műszerek, a mérési körülmények és a mérések időpontjai is többször változtak. A változó mérési körülmények olyan indokolatlan törést, úgynevezett inhomogenitást okozhatnak a mért adatsorokban, melyek nem magyarázhatók az éghajlat természetes változékonyságával. Ezáltal téves következtetésekre vezetnek a nyers adatsorokon végzett éghajlati elemzések. (Izsák, 2021).

Az adatsorok nem csak inhomogenitással terheltek, előfordulnak adathiányok és hibás értékek, e három problémát kezeli együttesen az OMSZ-ban kifejlesztett, matematikailag megalapozott, nemzetközileg is elismert MASH-módszer (Multiple Analysis of Series for Homogenization) (Szentimrey, 1999). Használata lehetővé teszi, hogy egy-egy



1. ábra. Az eredeti és a homogenizált országos középhőmérséklet alakulása 1901-től 2020-ig. A nyers adatok $1,12\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os, míg a homogenizáltak $1,21\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os emelkedést jeleznek.

állomás adatsorait úgy vizsgálhassuk, mintha a mérések mindig a jelenlegi mérőhelyen, azonos körülmények között folytak volna (1. ábra).

Az adatminőség mellett a mérőhálózatok fontos ismértve, hogy a mérőállomások adataiból milyen pontosan tudjuk reprodukálni a meteorológiai mezők térbeli eloszlását. A mérőhálózatból származó mérésekből interpolációval becslést adhatunk a méréssel nem rendelkező helyeken a különböző meteorológiai paraméterek értékére. Így az egész országra kiterjedően pontos térképeket készíthetünk. Az OMSZ-ban kidolgozott, kifejezetten meteorológiai elemek interpolációjára készült eljárás a MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized data bases) (Szentimrey és Bihari, 2007). Az országos évi középhőmérsékletek sora például úgy áll elő, hogy a MISH eljárással az egész országot lefedő rácshálóra interpoláljuk az ellenőrzött, homogenizált évi középhőmérsékleteket, majd ezeket átlagoljuk az összes rácspontra évente. Ezzel az eljárással pontosabb becslést kapunk az évi középhőmérsékletre, mintha egyszerűen csak az állomási értékeket átlagolnánk. Elemzéseinkhez a MASH eljárás alkalmazása garantálja az időbeli, míg a MISH eljárás alkalmazása a térbeli reprezentativitást.

Felhasznált adatok és éghajlati indexek. Az éghajlati monitoringhoz a lehető legtöbb mérőállomás adatát használjuk. Mivel az OMSZ mérőhálózata folyamatosan változott, és változik ma is, így különböző időszakokra és elemekre más-más állomásrendszerek állnak rendelkezésre. A középhőmérséklet vizsgálatához 1901-től 33, 1951-től 55, 1975-től 114, míg a csapadék esetében 1901-től 131, 1951-től 461 állomás adatait dolgoztuk fel. A két alapvető éghajlati paraméterre bemutatjuk az éves és évszakos változásokat. Ezek mellett több éghajlati index alakulását is vizsgáltuk, ugyanis a klímaváltozás jellemzésének része a meteorológiai változók napi értékeiből származtatott szélsőség indexek, illetve éghajlati indikátorok elemzése, pl. hogy hogyan alakul a hóhullámos napok száma. Ezek megváltozása számos területen (pl. emberi egészség, mezőgazdaság) jelentősebb hatást fejt ki, mint a havi vagy évszakos átlagok módosulása, ezért vizsgáltuk a célzott felkészülési tervek kialakításához. Ezek számszerűsítése éghajlati indexek segítségével történik, melyeket a meteorológiai változók (elsősorban a hőmérséklet és a csapadék) napi minimum, átlag-, maximum értékeiből vagy összegeiből származtatunk. A leggyakrabban használt indexek egy adott küszöbérték átlépésének gyakoriságát vagy a felett, illetve alatt tartózkodás időtartamát jellemzik, pl. hóhullámos napokon a napi átlaghőmérséklet eléri a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, vagy a száraz időszakokban a napi csapadék összege nem haladja meg az 1 mm -t. Az éghajlati indexek gyakran írnak le szélsőségeket (Lakatos et al., 2012), melyek statisztikai értelemben a meteorológiai változók eloszlásfüggvényének alsó és felső végein felvett, ritkán előforduló értékek (pl. a hazánkban évi néhány alkalommal bekövetkező forró napok). Ugyanakkor néhány klímaindexet azért vizsgálunk, mert a globális változások kiemelt indikátorai. Ilyen például a fagyos nap (amikor a minimumhőmérséklet nem éri el a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot), ami Magyarországon átlagosan az év negyedében előfordul,

szélsőséget csak a késő tavaszi, illetve a kora őszi időszakban jellemez. Az itt tárgyalt éghajlati indexeket az 1. táblázat foglalja össze.

Index neve	Definíció
Fagyos nap	A napi minimumhőmérséklet 0 °C alatt marad
Hóhullámos nap	A napi átlaghőmérséklet eléri a 25 °C-ot
Csapadékos nap	A napi csapadékösszeg meghaladja az 1 mm-t
Extrém csapadékos nap	A napi csapadékösszeg meghaladja a 20 mm-t
Csapadékontenzitás	A csapadékösszeg és a csapadékos napok számának hányadosa
Száraz időszak maximális hossza	A leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg nem éri el az 1 mm-t

1. táblázat: A vizsgált éghajlati indexek.

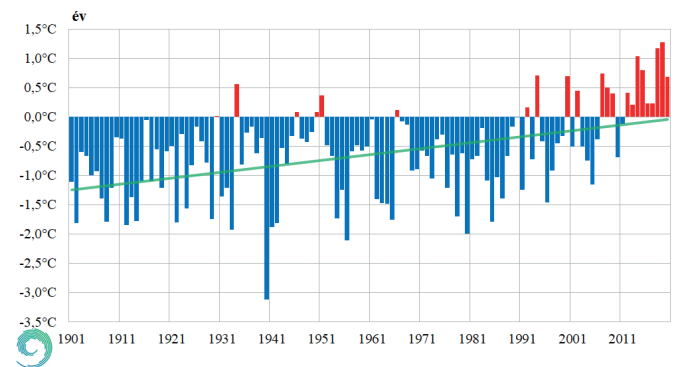
Trendbecslés módszertana. A hőmérsékleti változások becslésére lineáris trendillesztést alkalmaztunk. A csapadék-változásokat pedig exponenciális trenddel becsültük, majd átszámítottuk százalékos változásra. A csapadék-változásokat ugyanis szemléletesebbé teszi a százalékos változás, mint a lineáris közelítésből adódó, milliméterben kifejezett csökkenés vagy növekedés. A trendillesztést az 1981–2020 és az 1901–2020 időszakokra végeztük el. A legutóbbi 40 évre azért esett a választásunk, mert ez a legintenzívebb globális melegedés időszaka, ez írja le legjobban a jelenleg tapasztalható tendenciákat. A 120 év pedig az időszak egésze, amit vizsgálunk, az erre számolt becslések a legpontosabbak.

A változások jellemzésére több lehetőség is van. A trendegyenes meredeksége önmagában az egy évre eső változás, ez adja meg a változás gyorsaságát. Gyakran találkozhatunk ennek tízszeresével (decadal change) éghajlati értékelőkben, ha a változás ütemét helyezik a középpontba. Az Éghajlati Osztályon készült elemzéseinkben rendszerint a „teljes időszak alatti változás”-ra adunk becslést, ami a trendérték és a változás időszakának a szorzata. Ezzel kifejezőbbé tehető a bekövetkezett változások mértéke, ami különösen fontos a döntéshozók számára készült elemzésekben.

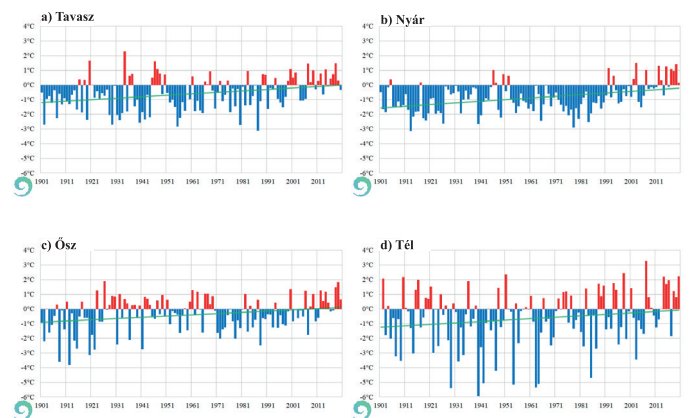
A becslés statisztikai értelemben vett megbízhatóságát a változás 90%-os megbízhatósági (konfidencia) intervallumának megadásával jellemezzük. Ez azt jelenti, hogy a változás ebbe az intervallumba esik 0,9 valószínűséggel, alsó határa a „legalább”, felső határa pedig a „legfeljebb” bekövetkezett változást jelenti. Nem szignifikáns a változás 90%-os megbízhatósággal, ha az intervallum tartalmazza a 0-t, vagyis sem egyértelmű emelkedést, sem pedig egyértelmű csökkenést nem mutat az adatsor. A trendvizsgálat eredménye nagyban függ a választott időszaktól, annak a kezdetétől és a végétől. A becslés pedig annál pontosabb, minél hosszabb időszakot vizsgálunk, azaz ez esetben kisebb a konfidencia intervallum szélessége. A 120 év alatt előfordultak hidegebb időszakok is,

ezáltal kevésbé meredek a trendegyenes a hosszú sorra, mint 1981-től, amikor egy hidegebb periódus végén intenzív melegedés kezdődött.

Hőmérsékleti változások. Magyarország éves és évszakai középhőmérsékleteinek időszora a globális tendenciákkal összhangban alakul, azonban a kisebb terület miatt nagyobb változékonyságot mutat. A változások szemléltetése érdekében az éves és évszakai értékek anomáliáit, vagyis a jelen éghajlati állapotot leíró, 1991–2020 időszak átlagértékétől való eltéréseit ábrázoljuk grafikonon a 20. század elejétől 2020-ig (2. ábra). A 3. ábra pedig a négy évszak középhőmérsékletének alakulását szemlélteti 1901-től.



2. ábra. Az évi középhőmérsékletek országos átlagának anomáliái (°C) 1901 és 2020 között az 1991–2020 időszak átlagához viszonyítva, homogenizált és interpolált rácsponti értékek alapján.



3. ábra. Az évszakai középhőmérsékletek országos átlagának anomáliái (°C) 1901 és 2020 között az 1991–2020 időszak átlagához viszonyítva, homogenizált és interpolált rácsponti értékek alapján.

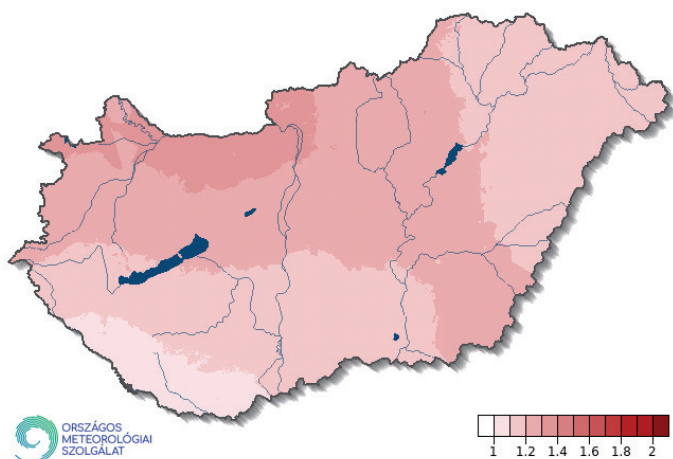
Az éves, valamint az összes évszakai középhőmérsékletekben bekövetkezett emelkedés mindkét vizsgált időszakban szignifikánsnak tekinthető 90%-os bizonyossággal (2. táblázat). Érdekes megfigyelni, hogy a közelmúltban a melegedés mértéke nagyobb volt, mint a teljes 120 év során, aminek a gyorsuló melegedésen kívül az az oka, hogy a teljes időszakban hűlő periódusok is előfordultak.

A melegedés mindkét időszakban az ország egész területén megfigyelhető (4. ábra), de eltérő mértékben. Ahogyan az idősoroknál már említettük, az elmúlt 40 évben a melegedés

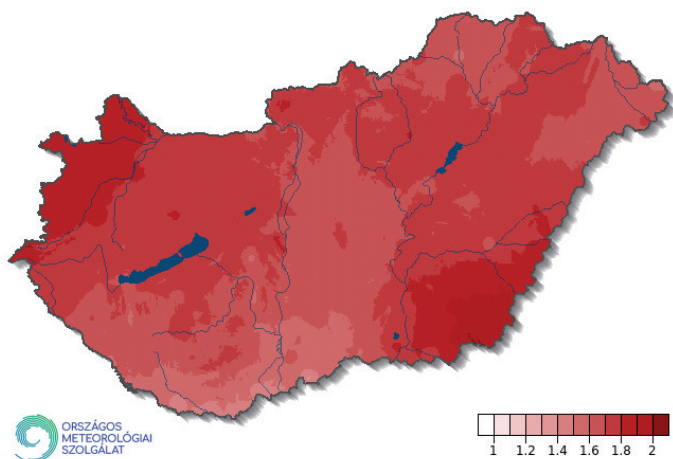
	Átlag 1991-2020 (°C)	Változás 1901-2020 (°C)	Változás 1981-2020 (°C)
Év	10,8	1,2 (0,9-1,6)	1,7 (1,2-2,2)
Tavaszi	11,2	1,2 (0,6-1,7)	1,4 (0,6-2,2)
Nyári	20,8	1,3 (0,9-1,8)	2,1 (1,4-2,8)
Ősz	10,7	1,0 (0,4-1,6)	1,5 (0,7-2,2)
Téli	0,4	1,2 (0,2-2,1)	1,9 (0,4-3,4)

2. táblázat. A magyarországi éves és évszakos középhőmérsékletek országos átlaga, valamint változása az 1901–2020 és az 1981–2020 időszakban a 90%-os megbízhatósági intervallum alsó és felső határával.

Éves Középhőmérsékletek változása 1901-2020 (°C)



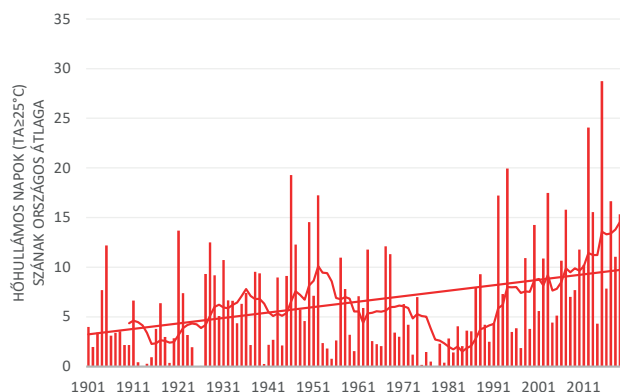
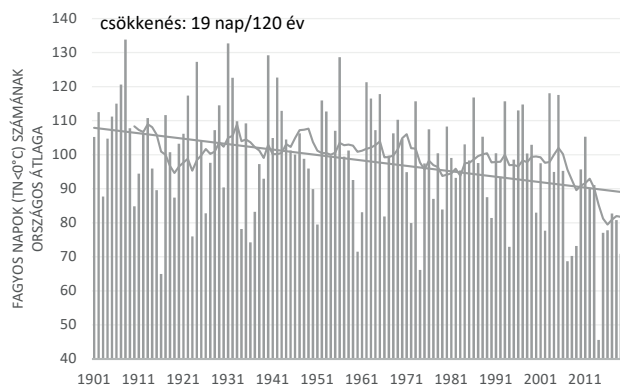
Éves Középhőmérsékletek változása 1981-2020 (°C)



4. ábra. Az évi középhőmérséklet változása az 1901–2020 (fent) és az 1981–2020 (lent) időszakokban.

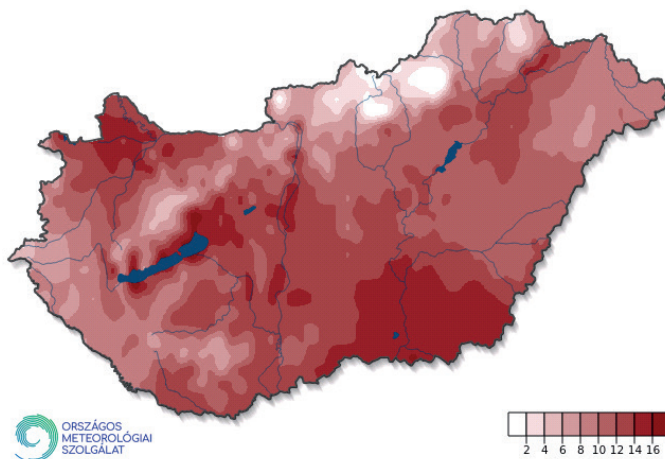
sokkal jelentősebb volt, mint a 120 év egészében, továbbá más a melegedés területi eloszlása is a két periódusban.

Az alacsony, illetve a magas hőmérsékleteken alapuló számos éghajlati index közül kettő alakulását mutatjuk be itt. A fagyos napok számának csökkenése és a hóhullámos napok számának növekedése egyaránt a melegedő tendenciát jelzi (5. ábra). A hűvösebb és a melegebb periódusok az indexek értékeiben is tükröződnek, de fontos kiemelni, hogy a múlt század nyolcvanas éveitől, de még inkább a kilencvenes évektől szembetűnő az extrém meleg időjárási



5. ábra. A fagyos napok (fenn) és a hóhullámos napok (lent) számának országos átlaga a tízéves mozgó átlag görbéjével és a becsült lineáris trenddel 1901 és 2020 között, homogenizált és interpolált rácsponti értékek alapján.

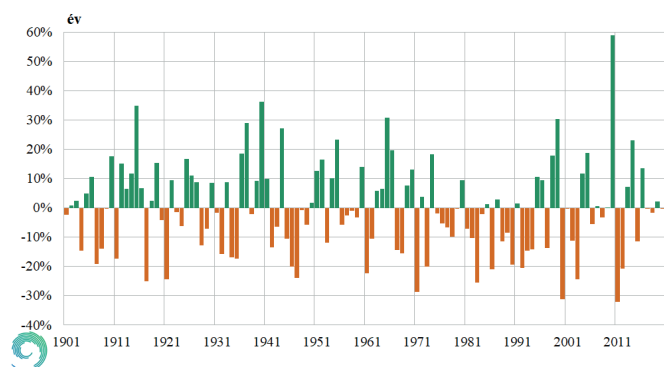
helyzetek gyakoribbá válása. A szélsőséges hőmérsékletekben bekövetkezett szignifikáns változások arra utalnak, hogy a klímaváltozás a magas hőmérsékletekkel kapcsolatos szélsőségek egyértelmű növekedésével és az alacsony hőmérséklettel kapcsolatos szélsőségek egyértelmű csökkenésével járt az elmúlt 120 év során térségünkben. A változások nemcsak 1901-től, hanem 1981-től is szignifikánsak (90%-os megbízhatóság mellett) mindkét vizsgált hőmérsékleti klímaindex esetén. Az ábrákon az évenkénti értékek mellett a tízéves mozgóátlagot is bemutatjuk, ami kiszűri az évek közötti változékonyságot.



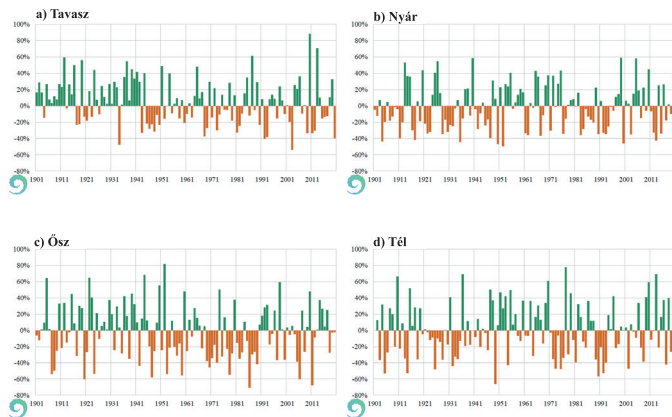
6. ábra. Hóhullámos napok számának változása az 1981–2020 időszakban.

A legutóbbi 40 évben igen intenzív melegedésnek vagyunk tanúi. A hóhullámos napok száma a kisalföldi és a délföldi régiókban emelkedett leginkább, a növekedés 1981-től több, mint kéthetes az említett területeken (6. ábra).

Csapadékváltozások. Magyarországon az évi csapadék mennyisége a 20. század elejétől tekintve némileg csökken, az elmúlt évtizedekben viszont növekedés figyelhető meg. A csapadék évről évre nagy változékonyságot mutat, a több éven át tartó csapadékos vagy száraz időszakok ritkák. Tartósan csapadékos évek az 1910-es években, valamint 1940 körül fordultak elő (7. ábra), hosszabb – csapadékosabb év nélküli – száraz időszak pedig csak az 1980-as évek környékén lépett fel. Az évszakos csapadék-változások (8. ábra) sokkal nagyobb időbeli változékonyságot mutatnak, mint az éves anomáliák időszora.



7. ábra. Az évi csapadékösszeg országos átlagának anomáliái (%) 1901 és 2020 között az 1991–2020 időszak átlagához viszonyítva, homogenizált és interpolált rácsponti értékek alapján.



8. ábra. Az évszakos csapadékösszegek országos átlagainak anomáliái (%) 1901 és 2020 között az 1991–2020 időszak átlagához viszonyítva, homogenizált és interpolált rácsponti értékek alapján.

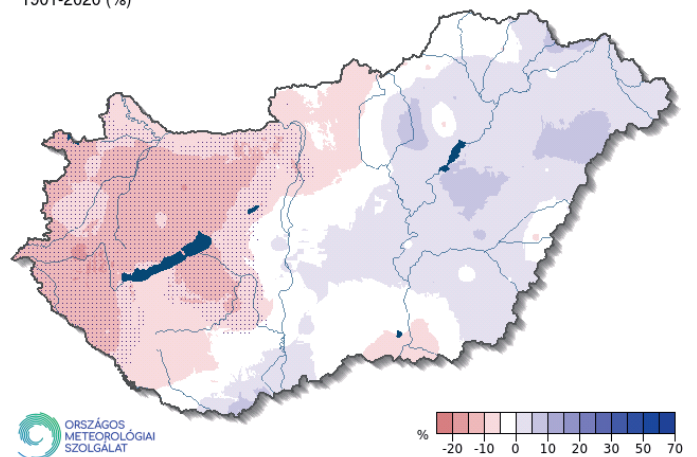
A 3. táblázatban közöljük az országos csapadékösszeg 1991–2020 időszakra vonatkozó sokévi átlagát, valamint a változás mértékét az 1901–2020 és az 1981–2020 időszakokra a 90%-os megbízhatósági intervallum alsó és felső határával. Szignifikáns változásról 1901-től csak a tavaszok esetében, valamint 1981-től az évi csapadékösszegeknél beszélhetünk.

	Átlag 1991-2020 (mm)	Változás 1901-2020 (%)	Változás 1981-2020 (%)
Év	617	-4,0 (-11,5 - 4,1)	16,5 (0,3 - 35,3)
Tavaszi	139	-17,2 (-27,7 - -5,1)	1,7 (-22,8 - 34,0)
Nyári	203	7,2 (-7,6 - 24,5)	19,0 (-7,0 - 52,3)
Őszi	158	-10,6 (-26,4 - 8,6)	27,2 (-9,0 - 77,8)
Téli	116	5,7 (-11,6 - 26,5)	22,4 (-9,2 - 65,0)

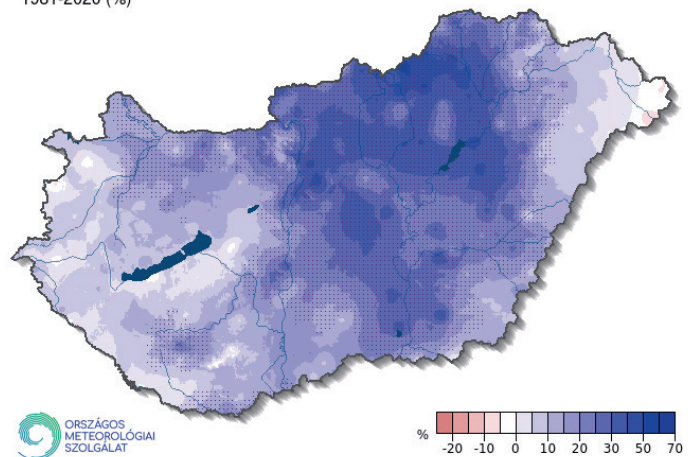
3. táblázat. Az évi és évszakos csapadékösszeg országos átlaga, valamint változása az 1901–2020 és az 1981–2020 időszakban a 90%-os megbízhatósági intervallum alsó és felső határával. (A szignifikáns változást kiemelés jelöli.)

A csapadék nemcsak időben, hanem térben is nagyon változó, így a hosszútávú tendenciákat nehezebb kimutatni, mint a hőmérséklet esetén. Bár összességében Magyarországon az évi csapadék mennyisége a vizsgált 120 év alatt némileg csökken, de az Alföld nagy részén növekedést tapasztalunk (9. ábra). Az elmúlt negyven évben pedig különböző mértékben, az ország egészén növekedés figyelhető meg.

Éves csapadékösszegek változása 1901-2020 (%)

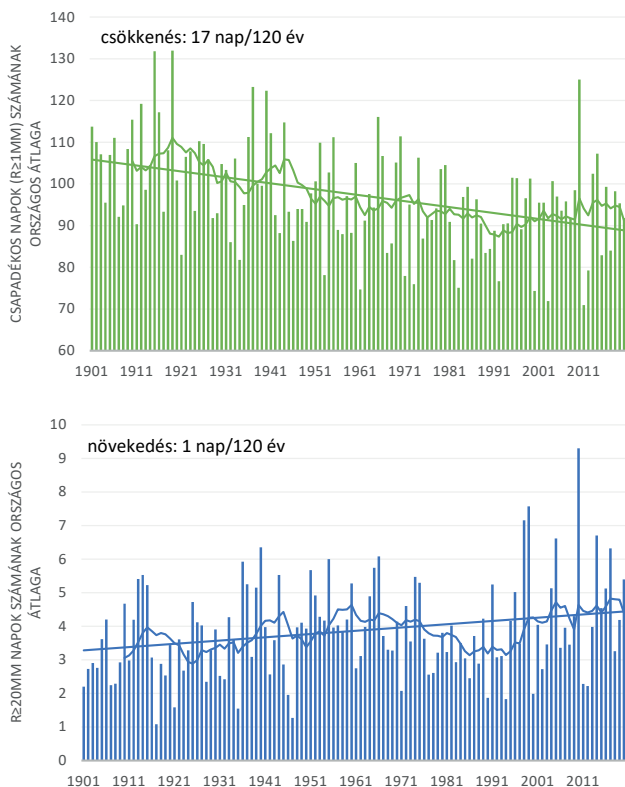


Éves csapadékösszegek változása 1981-2020 (%)

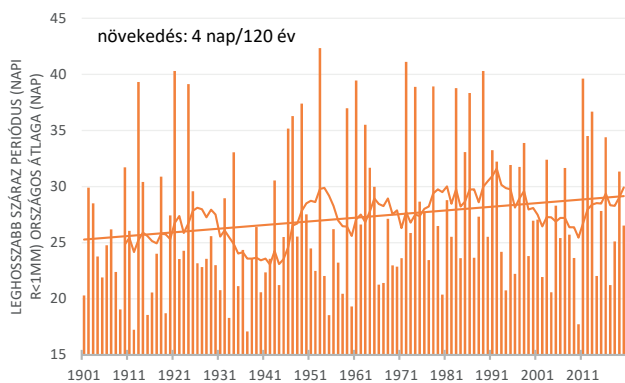


9. ábra. Az évi csapadékösszeg változása (%) az 1901–2020 (fenn) és az 1981–2020 (lenn) időszakokban. A 90%-os megbízhatóság mellett szignifikáns változást fekete pontok jelölik.

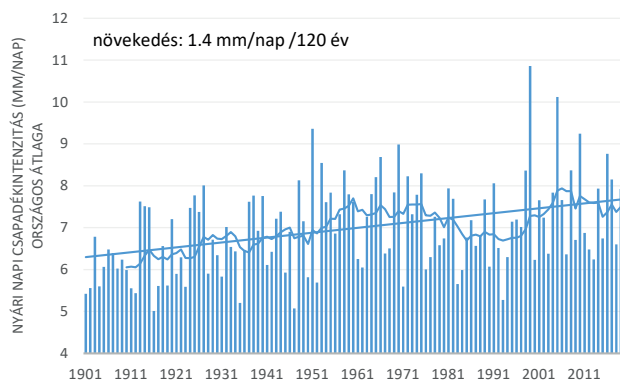
Az átlagosnál bőségebb csapadékkal vagy tartós szárazsággal járó események, periódusok előfordulási gyakoriságát néhány csapadék index idősorával jellemezzük. Kevesebb a csapadékos nap országos átlagban, ahogyan a jelenhez közelítünk, a 20 mm-t meghaladó csapadéku napok pedig növekedést mutatnak (10. ábra). A száraz időszakok hossza is nőtt a 20. század eleje óta, emellett a napi intenzitás, más néven átlagos napi csapadékos nyáron szintén megnövekedett (11-12. ábra). Az átlagos napi csapadék növekedése arra utal, hogy a csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok, zivatarok során hullik. Az ábrákon feltüntetett, 1901 és 2020 közötti változások szignifikánsak, 90%-os megbízhatósággal, mind a négy esetben.



10. ábra. A csapadékos napok (fenn) és a 20 mm-nél nagyobb csapadéku napok (lenn) számának országos átlaga a tízéves mozgó átlag görbéjével és a becsült lineáris trenddel az 1901 és 2020 között, homogenizált és interpolált rácsponti értékek alapján.



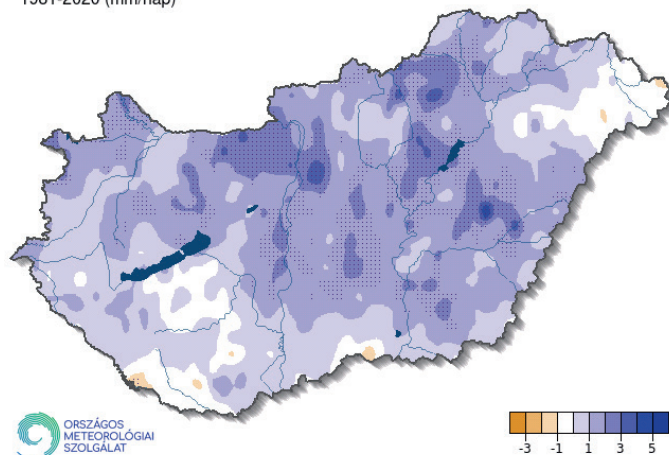
11. ábra. A leghosszabb száraz időszak országos átlaga a tízéves mozgó átlag görbéjével és a becsült lineáris trenddel 1901 és 2020 között, homogenizált és interpolált rácsponti értékek alapján.



12. ábra. A nyári napi csapadékintenzitás országos átlaga a tízéves mozgó átlag görbéjével és a becsült lineáris trenddel 1901 és 2020 között, homogenizált és interpolált rácsponti értékek alapján.

Rövidebb időszak, az 1981 és 2020 közötti évek változásait vizsgálva megállapítható, hogy a 20 mm fölötti csapadéku napok száma szignifikáns, 2 napos emelkedést jelez. A csapadékos napok száma nőtt 1981 és 2020 között, rövidülni látszanak a leghosszabb száraz időszakok, emelkedő trendet mutat a nyári csapadékintenzitás, de ezek a változások statisztikailag nem szignifikánsak országos átlagban. Az 1981–2020 időszakban a nyári csapadékintenzitás több területen megnövekedett, jellemzően az ország középső és északi részein, helyenként 3 mm/napot meghaladó mértékben (13. ábra).

Nyári csapadékintenzitás változása 1981-2020 (mm/nap)



13. ábra. A nyári átlagos napi csapadékintenzitás változása az 1981–2020 időszakban. A 90%-os megbízhatóság mellett szignifikáns változást fekete pontok jelölik.

Következtetések. Globálisan melegedő környezetben élünk. Az éghajlati rendszer minden elemét érintik a változások. A vízciklus komponenseinek eltolódása és a fokozott terheléssel járó hőszegélyidőszakok jelentik a legnagyobb kockázatot az emberi egészségre, a természetes ökoszisztémákra, minden termelő és szolgáltató ágazatra Magyarországon. A klímaváltozás hatásaira való eredményes felkészüléshez elengedhetetlen a bekövetkezett változások irányának és mértékének ismerete, valamint

a regionális klímamodell szimulációk eredményeinek beépítése a felkészülési stratégiákba. Az utóbbi évtizedekben a térségünkben jelentkező magas hőmérsékleti anomáliák és a szélsőségesebbé váló csapadékviszonyok miatt különösen indokolt az éghajlati állapot folyamatos nyomon követése reprezentatív adatbázisokra alapozva. Az éghajlati monitoring információk olyan dokumentumok alapját is képezik, mint például a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS2, 2018) és számos más kapcsolódó dokumentum. Az éves, évszakos és havi éghajlati visszatekintők mellett az itt bemutatott grafikonok és változás térképek elérhetők az OMSZ honlapján is (<https://www.met.hu/eghajlat/>).

A tágabb környezetünkben, így a Kárpát-medencében, illetve a teljes Kárpát-régióban zajló változásokat is követni kell (Spinoni et al., 2014), mivel a hatások nem torpannak meg a határoknál. Jó minőségű, harmonizált éghajlati adatbázis építés (CARPATLIM: www.carpatclim-eu.org) és közös éghajlati kutatások segíthetik az alkalmazkodási folyamatot regionális léptékben.

Irodalom

- Izsák, B., 2021: Homogenizálás a meteorológiában: Vissza a jövőbe. *Élet és Tudomány* 76, 176–178.
- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. In (eds.: Masson-Delmotte, V., P., Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou) Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, in Press.
- EEA, 2017: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. EEA Report No 1/2017.
- EEA, 2021: <https://www.eea.europa.eu/ims/global-and-european-temperatures>
- Lakatos, M. és Bihari, Z., 2011: A közelmúltban megfigyelt hőmérsékleti és csapadéktendenciák 146-169., In (Szerk.: Bartholy, J., Bozó, L., Haszpra, L.) Klímaváltozás – 2011, Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. MTA és ELTE Meteorológiai Tanszék.

Lakatos, M., Szépszó, G., Bihari, Z., Krüzselyi, I., Szabó, P., Bartholy, J., Pongrácz, R., Pieczka, I., és Torma Cs., 2012: Éghajlati szélsőségek változásai Magyarországon: közelmúlt és jövő. A magyarországi eredmények összefoglalása az IPCC szélsőséges éghajlati események kockázatáról és kezeléséről szóló Tematikus Jelentéséhez (SREX) kapcsolódóan, 11.

NÉS2, 2018: A második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia.

Spinoni, J., Szalai, S., Szentimrey, T., Lakatos, M., Bihari, Z., Nagy, A., Németh, Á., Kovács, T., Mihic, D., Dacic, M., Petrovic, P., Kržic, A., Hiebl, J., Auer, I., Milkovic, J., Štepanek, P., Zahradnicek, P., Kilar, P., Limanowka, D., Pyrc, R., Cheval, S., Birsan, M.V., Dumitrescu, A., Deak, G., Matei, M., Antolovic, I., Nejedlik, P., Štastná, J., Kajaba, P., Bochnicek, O., Galo, D., Mikulová, K., Nabyvanets, Y., Skrynyk, O., Krakovska, S., Gnatiuk, N., Tolasz, R., Antofie, T., and Vogt, J., 2014: Climate of the Carpathian Region in the period 1961–2010: climatologies and trends of 10 variables. *Int. J. Climatol.* 35, 1322–1341. <https://doi.org/10.1002/joc.4059>

Szentimrey, T., 1999: Multiple Analysis of Series for Homogenization (MASH). Proceedings of the 2nd Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data, Budapest, Hungary, WMO, WCDMP-No. 41, 27–46.

Szentimrey, T. and Bihari, Z., 2007: Mathematical background of the spatial interpolation methods and the software MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis). Proceedings from the Conference on Spatial Interpolation in Climatology and Meteorology, Budapest, Hungary, 2004, COST Action 719, COST Office, 17–27.

WMO, 2021: State of the global climate 2021, WMO provisional report. <https://public.wmo.int/en/media/press-release/state-of-climate-2021-extreme-events-and-major-impacts>

A SZERZŐKNEK SZÁNT ÚTMUTATÓ

Kérjük, hogy a publikálásra szánt anyag beküldéséhez a következő formai követelményeket szíveskedjenek betartani. A beküldött kéziratokat a szerkesztőbizottság lektoráltatja.

A közlésre szánt anyagokat kérjük elektronikus formában küldjék el a legkor@met.hu címre. Az anyag tartalmazza egy fájlban a kész cikket ábrákkal, kép aláírásokkal, amely a szerkesztést segíti majd. Ezen kívül a nyers szöveget Word-fájlban, amely ne tartalmazzon semmiféle speciális formázást. Amennyiben a közlésre szánt szöveghez ábrák is tartoznak, azokat egyenként csatolva kérjük, az elérhető legjobb minőségben (png, jpg, vektorgrafikus formátumban). Kérjük, hogy külön Word-fájlban adja meg az ábraaláírásokat. A közlésre szánt táblázatokat akár Word-, akár Excel-fájlban kérjük egyenként megadni.

A közlésre szánt szöveg tartalmazza a magyar és angol címet, a szerző nevét, munkahelyét, levelezési és email címét. A szakmai cikkekhez kérünk irodalomjegyzéket csatolni, melyben csak a szövegben szereplő hivatkozás szerepelhet.

ÉGHAJLATVÁLTOZÁS: HOMOGENIZÁLT VAGY NYERS ADATSOROKAT VIZSGÁLJAK?

CLIMATE CHANGE: SHOULD I STUDY HOMOGENIZED OR RAW DATASETS?

Izsák Beatrix, Bihari Zita, Szentes Olivér

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1., izsak.b@met.hu, bihari.z@met.hu, szentes.o@met.hu

Összefoglaló: A 2021-ben életbe lépett nyílt OMSZ adatpolitika lehetőséget teremt arra, hogy bárki elemezze, statisztikai vizsgálatoknak vesse alá a meteorológiai méréseket. Ahhoz azonban, hogy a jelen és az elmúlt időszakok éghajlatát vizsgálni tudjunk, elkerülhetetlen a nyers műszeres mérések feldolgozása, az úgynevezett adatszerzés, ami az adatellenőrzést, a hiányzó adatok pótlását, a homogenizálást és az adatok térbeli interpolálását jelenti. Bemutatjuk az alkalmazott matematikai statisztikai módszereket, hangsúlyt fektetve az elmúlt évtizedekben hazánkban, az Országos Meteorológiai Szolgálat Éghajlati Osztályán kifejlesztett eljárásokra. Végezetül rámutatunk arra, hogy mekkora hibát vétünk, ha a könnyebb utat választjuk, és nyers adatsorokon detektálunk trendeket.

Abstract: The open data policy of OMSZ, which came into force in 2021, provides an opportunity for anyone to analyze and subject the meteorological measurements to statistical studies. However, in order to study the climate of the present and recent periods, it is inevitable to process raw instrumental measurements, the so-called data management, which means quality control, missing data completion, homogenization, and spatial interpolation of the data. We present the applied mathematical statistical methods, with an emphasis on the procedures developed in Hungary in recent decades in the Climate Department of Hungarian Meteorological Service. Finally, we show how much error we make when we choose the easier way and detect trends on raw data sets.

Bevezetés

Azt már általános iskolában megtanuljuk, hogy míg az időjárás a légkör pillanatnyi állapota az adott helyen, az adott időpontban, addig az éghajlat az adott hely hosszú időszakra vonatkozó időjárási viszonyainak összessége. A Meteorológiai Világszervezet ajánlása alapján 30 éves időszak alatt mutatott statisztikai tulajdonságaival jellemezzük egy adott földrajzi hely éghajlatát. Ha a matematikai statisztika oldaláról közelítjük meg az éghajlatot, akkor úgy fogalmazhatunk, hogy ha az adott helyen ismerjük a meteorológiai (vektor) változók eloszlását, akkor ismerjük az éghajlatát. Amennyiben ezek a valószínűségi eloszlások változnak, akkor beszélünk éghajlatváltozásról (*Szentimrey*, 2011). Tehát a statisztikus megközelítésben az éghajlatváltozást a meteorológiai adatokból, vagyis a mérésekből tudjuk becsülni, ezekből lesz a statisztikai minta a vizsgálatokhoz. Ebből következik, hogy csak olyan matematikai statisztikai modellek, módszerek alkalmazhatók, melyek képesek figyelembe venni a valószínűségi eloszlás, azaz az éghajlat változását. Továbbá az is következik, hogy ezekből az adatokból minden hibás információt el kell távolítani, mielőtt vizsgálatoknak vetjük alá.

Homogenizálás

Elsősorban tehát jó minőségű adatokra van szükség: mind térben, mind időben úgynevezett reprezentatív adatbázist kell létrehozni. Ez a gyakorlatban annyit jelent, hogy a lehető legtöbb mérőállomás adatait, az elérhető leg-hosszabb időszakra használjuk fel a vizsgálatainkhoz. A mérésekkel azonban gond van: inhomogenitással terheltek a nyers adatsoraink. Ugyanis a rendszeres műszeres mérések kezdete óta a mérőeszközök folyamatosan cserélődtek, a meteorológiai állomásokat sokszor költöztették,

és történtek módszertani váltások is. Ezek a külső változások inhomogenitást okoznak a mérési sorokban. Az adatokat homogenizálni kell, ez annyit jelent, hogy a jelen mérési körülményekhez igazítjuk a múltbeli méréseket (*WMO*, 2020). Gondoljunk csak például arra, hogy ha a nappali három méréshez hozzávesszük a negyedik éjszakai mérést, akkor erősen csökkentjük a napi átlaghőmérsékleteket, ami nem éghajlatváltozás, hanem módszertani váltás. Mi van, ha egy melegebb klímájú, belterületi mérőállomást külterületre költöztetnek? Ez valóban éghajlatváltozás? Ezek és ezekhez hasonló problémák felismerése és ennek kezelése indította útjára a homogenizálást a meteorológiában. Emellett az adatok hibával is terheltek, tehát egy jó adatellenőrző program is szükséges, továbbá sok esetben találkozunk adathiánnyal, melyeket a legjobb tudásunk szerint pótolni kell. Ennek a három problémának az együttes kezelésére készült el a MASH (Multiple Analysis of Series of Homogenization) szoftver (*Szentimrey*, 2014). Miért kellett szoftvert is készíteni, miért nem volt elég kidolgozni az elméletet? A homogenizálás matematikája az 1990-es évekre még nem volt kidolgozva, akadtak ugyan próbálkozások külföldi meteorológiai szolgálatoknál, készítettek homogenizáló szoftvereket, de ezek nem szolgáltattak megfelelő eredményeket, vagy nem voltak elég hatékonyak. A MASH szoftver kiválóan alkalmazható erre a feladatra, mely annak köszönhető, hogy az elméleti háttere klasszikus matematikai statisztikai tételeken, összefüggéseken alapul. Relatív homogenizálási elven működik, azaz a környező állomások idősoraival veti össze az adott állomás idősorát, ezen kívül adekvát matematikai modell biztosítja annak feltételét, hogy csak olyan töréspontokat detektáljunk az adatsorokban, amelyek nem az éghajlat változékonyságából erednek. Hosszan lehetne még taglalni a MASH tulajdonságait. Az egyik legfontosabb,

hogy hipotézisvizsgálaton alapul, ez teszi lehetővé, hogy – korábbi eredményekre alapozva – térben és időben is frissíteni tudjuk a homogenizált adatbázisunkat. Érdeemes megvizsgálni, hogy mennyire más képet kapunk, ha a nyers adatsorokból becsüljük az éghajlat megváltozását (Izsák, Szentimrey, 2020), ami igazolja, hogy fontos kiszűrni az inhomogenitásokat a mérésekből.

Tapasztalatok a MASH szoftver eredményei alapján

A napi adatok ellenőrzése során rengeteg olyan hibát találunk, ami arra utal, hogy a rögzítés során került rossz érték az adatbázisba. Az archív adatok ellenőrzésére az OMSZ-ban kizárólag a MASH rendszert használjuk. Természetesen vannak olyan helyzetek, melyekben a MASH gyanús értéket jelez, de további információ hiányában nem tudjuk eldönteni, hogy valóban hibás-e az érték. Sok esetben az évkönyvekben megtalálható egyéb információk egybevetésével már tudunk dönteni. Ilyen például a felhőzet, csapadék, minimum és maximum hőmérséklet összevetése a napi átlaghőmérséklettel. Például egy nagyon alacsony napi középhőmérséklet érték lehet valós, ha egész nap borult, csapadékos idő volt, és a maximum érték is alacsony. Mivel a múltban sokkal ritkább volt az állomáshálózat, így csak a korabeli feljegyzésekre hagyatkozhatunk. A közelmúltban viszont rendelkezésünkre állnak további információk is, például radar és műholdas adatok. Arra, hogy mennyire hatékony a MASH rendszer, bizonyíték, hogy a folyamatosan rögzített archív adatok ellenőrzése során szinte minden esetben olyan értéket jelzett gyanús-nak, amelyre később, az évkönyveket fellapozva magyarázatot találtunk. Például hőmérséklet esetén elfelejtették rögzíteni az előjelet, vagy nem azt a hónapot rögzítették, amelyiknek a dátuma szerepel az eredeti táblázat fejlécében.

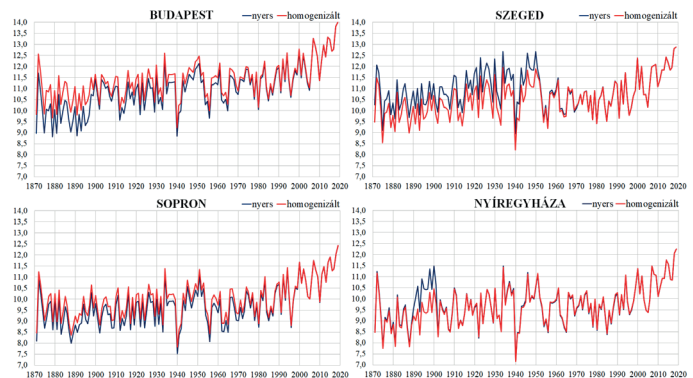
A homogenizálás során igen érdekes dolgokra bukkantunk a MASH szoftver futtatásával. Miskolcon 1901-től 1908-ig az évi középhőmérsékleti idősorokat tekintve alacsonyabb értékek szerepelnek, mint az azt következő időszakban. A MASH erre az állomásra nagy inhomogenitást jelez a különbség sorozatok vizsgálata alapján – ugyanis ez egy relatív homogenizálási elven működő szoftver, azaz nem önmagában keresi a töréspontokat az idősorokban, hanem a környező állomásokkal összevetve. Ha nem végezzük el a homogenizálást, akkor azt kapnánk, hogy az ország egyetlen pontján egyetlen év alatt szokatlan mértékben, kb. 2 °C-ot nött az átlaghőmérséklet. Fellapozva azonban a napi jelentéseket az OMSZ archívumában, meg is van a magyarázat: Miskolcon akkoriban Réaumur-skálán rögzítették a méréseket, és az észlelési könyvben sajnos nem mindenhol húzta át az észlelő a °C-ot. Tehát a digitalizálás során az adatrögzítőnek elkerülte a figyelmét, hogy a papíron szereplő értéket még át kell váltani.

Egy másik példa arra, hogy miért nem szabad nyers adatokat vizsgálni: Nyíregyháza állomás napi középhőmérséklet értékei 1890-1901-ig. Nyomozást folytatva az archív adatok között azt találtuk, hogy ebben az időszakban az észlelő nem reggel 7h-kor, délután 2h-kor és este 9h-kor észlelt, hanem 8h-kor, 13h-kor és 20h-kor, így kiugróan magas a napi és ezáltal az évi átlaghőmérséklet ezekben

az években. Természetesen ez az eltérés sem az éghajlatváltozásnak tudható be, hanem az észlelési időpontok megváltozásából adódik. Jelen esetben a nyers adatsorban lévő eltolódás megegyező nagyságú a mérések kezdetétől bekövetkezett melegedéssel (Izsák, 2021)!

Trendbecslés nyers és homogenizált adatsorok alapján

Az Országos Meteorológiai Szolgálat alapításának 150. évfordulója alkalmából közzétettük négy magyarországi nagyváros adatsorát 1870-től kezdődően. Ezen magyarországi állomások éghajlatát és annak megváltozását vizsgáltuk. Az eredeti és homogenizált adatsorokat összehasonlítva a grafikonokon jól látszik, hogy mennyire inhomogének az eredeti mérési sorok (1. ábra). Budapest esetén a városhatás rajzolódik ki, Szegeden egyértelműen az 1951-es külterületre való telepítés okozza a legnagyobb törést, hasonló a helyzet Sopronban is. Nyíregyházán pedig a mérési időpontokban történt váltás eredményez a detektált éghajlatváltozással azonos nagyságrendű inhomogenitást.



1. ábra. Homogenizált és nyers évi átlaghőmérséklet idősorok 1871-2019-ig (°C).

Természetesen a költöztetés, mérési időpont megváltoztatása, műszercsere, módszertani váltás és a városhatás együttes hatása mutatkozik meg az inhomogenitásokban. Amennyiben a homogenizált adatsorok helyett a nyers adatsorokat választjuk ahhoz, hogy éghajlati értékelőt készítsünk, nagyon félrevezető és hibás eredményeket kapunk. Ennek bemutatására elkészítettük az évi átlaghőmérséklet becsült megváltozását nyers adatsorok és homogenizált sorok alapján is (1. táblázat). Budapest és Sopron esetében a nyers adatsorok alapján igen nagyfokú melegedést kaptunk, míg a homogenizált sorok mérsékelt melegedést mutatnak. A másik két állomáson fordított a helyzet, ott a nyers adatsorok kisebb mértékű felmelegedésre engednek következtetni.

	SOPRON	BUDAPEST	SZEGED	NYÍREGYHÁZA
Homogenizált	1,43 °C	1,69 °C	1,48 °C	1,50 °C
Nyers	1,82 °C	2,53 °C	0,60 °C	1,10 °C
Különbség	-0,39 °C	-0,84 °C	0,88 °C	0,40 °C

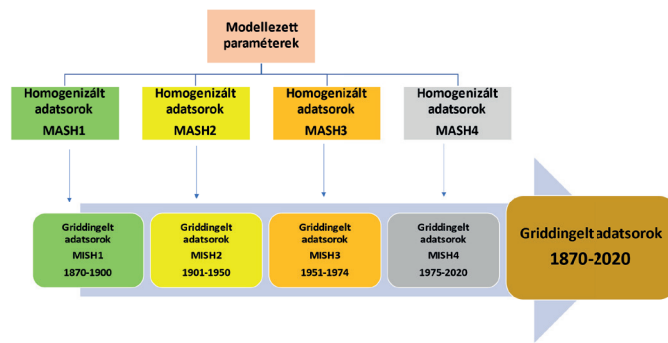
1. táblázat. Az évi középhőmérséklet értékek teljes időszak alatt változása (1870-2019) lineáris trendbecsléssel kapott értékei homogenizált és nyers állomási adatsorok alapján (az értékek minden esetben szignifikánsak a 0,1-es szignifikancia szinten).

Interpoláció

A MASH használatával tehát már van egy időben reprezentatív adatbázisunk, de térben még nem az. Ugyanis vegyük azt a gyakorlati példát, hogy mivel sok meteorológiai mérőállomásunk van a Dunántúlon, kevesebb az Alföldön, és a hegyekben is kevés a mérés, akkor ezek átlaga nem kellő mértékben képviseli a teljes magyarországi területre vonatkozó értékeket, ráadásul például a tiszántúli vagy a borsónyi viszonyokról semmit nem tudunk. A következő lépés tehát a térbeli reprezentativitás biztosítása: sűrű, szabályos rácshálózatra interpoláljuk az értékeket, és így az ország teljes területén tudunk az éghajlatról és annak esetleges megváltozásáról nyilatkozni. A térbeli interpoláció egy olyan matematikai eljárás, amely egy állapotjelző (meteorológiai elem) értékét határozza meg egy tetszőleges pontban a szomszédos helyeken megfigyelt, ismert adatok alapján (Cressie, 1991; Szentimrey et al., 2011). Erre a feladatra a MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis) szoftver készült el az OMSZ Éghajlati Osztályán (Szentimrey és Bihari, 2014). Miért nem jók a meteorológiai adatokra a már meglévő interpolációs szoftverek? Sajnos még napjainkban is sokan használják a legközelebbi társ és az inverztávolság módszereket, annak ellenére, hogy ezek nagyobb térségre vagy változó domborzati viszonyokra egyáltalán nem használhatók. Az interpolációs módszerek közül a földtudományokban legelterjedtebbek, legismertebbek a geostatistikai módszerek (Cressie, 1991; Szentimrey et al., 2011). Alkalmazásuk a meteorológia területén nem szolgáltat megfelelő eredményeket. A meteorológiában nem élhetünk azzal a feltételezéssel, hogy nincsen térbeli trend, hiszen nem lehet ugyanaz a várható érték egy meteorológiai elemnek például Szegeden és a Kékestetőn, pedig ez sok módszer alapja (közönséges kriging). Az univerzális kriging már feltételezi, hogy van térbeli trend, de még nem használja fel ennek modellezésére az időbeli mintát. Egy minőségi ugrás a reziduális kriging, hiszen itt már időbeli mintából becsüljük a térbeli trendértékeket. Ugyanakkor az eddig felsorolt kriging módszerek közös jellemzője, hogy két mérőállomás közötti sztochasztikus kapcsolat modellezéséhez mindössze egyetlen időbeli realizációt alkalmaznak. A földtudományokban sok esetben ez az egyetlen járható út. A meteorológia viszont abban a szerencsés helyzetben van, hogy rendelkezik hosszú adatsorokkal, ezáltal sokkal több információ áll rendelkezésre egy-egy adott térségre, mint egyéb tudományokban. Ezeket a MASH-sel készült, hosszú adatsorokban rejlő információkat használja fel a MISH szoftver a modellezéshez, ezáltal sokkal jobb becslést tudunk adni egy olyan pontba, ahol korábban nem volt mérés, mintha csak egy pillanatkép alapján adnánk becslést a sztochasztikus kapcsolatokra vagy a térbeli trendekre. A MASH és MISH használatával tehát már valóban, térben és időben reprezentatív adatbázist tudunk készíteni. A két szoftver közös tulajdonsága, hogy az adott elemnél figyelembe veszi a valószínűségi eloszlást, ez alapján választhatunk a multiplikatív vagy additív modell között (Szentimrey, 2014; Szentimrey, Bihari, 2014). Ez sajnos nem jellemző a legtöbb homogenizáló és interpoláló szoftverre, melyek valószínűségi eloszlástól függetlenül, a normális eloszlás esetén alkalmazott, additív modellel számolnak (Venema et al., 2012).

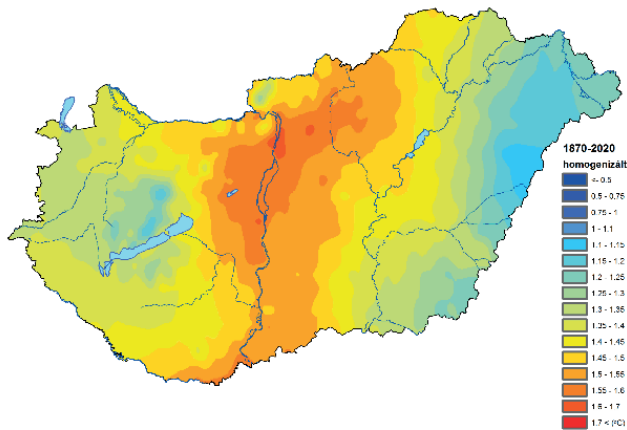
Reprezentatív adatbázis készítése az OMSZ Éghajlati Osztályán

A múlt és jelen éghajlatának megismeréséhez, az éghajlatváltozás tanulmányozásához térben és időben reprezentatív adatbázis szükséges. Ma már az Országos Meteorológiai Szolgálat állomáshálózata kellően sűrű ahhoz, hogy az egész ország klimatológiai viszonyairól pontos képet kapjunk. Azonban nem volt ez mindig így. Ugyan már a 19. század közepétől vannak feljegyzések, de lényegesen kevesebb meteorológiai elemre és nagyon kevés állomásra. Azt is figyelembe kell venni, hogy az archív adatokat folyamatosan digitalizálják, évről évre több állomás adatsorát rögzítik, így szükséges ezek ellenőrzése, homogenizálása és pótlása is, és csak ezután lehet felhasználni ezeket klimatológiai célú vizsgálatokhoz. Az OMSZ Éghajlati Osztályán minden évben frissítjük az elmúlt év adataival az éghajlati adatbázisunkat. Alapelvünk, hogy a lehető legtöbb meteorológiai állomás adatsorát, a mérésekben rejlő legtöbb információt használjuk fel. Például középhőmérséklet idősorhoz 1870-től 11, 1901-től 33, 1951-től 55 és 1975-től 110 állomás adatsora áll rendelkezésünkre az adatbázis elkészítéséhez. Ehhez a négy különböző állomáshálózaton alapuló homogenizált rendszert egymáshoz harmonizáljuk, és így biztosítjuk, hogy mind a közös rész, mind önmagukban a különböző állomásrendszerek homogének legyenek. Az állomási adatsorokat a MISH szoftverrel interpoláljuk, és a végső griddingelt adatbázis úgy áll elő, hogy minden időpontban a legtöbb állomási adatsorból interpolált értékek kerülnek be az adatbázisunkba (2. ábra).

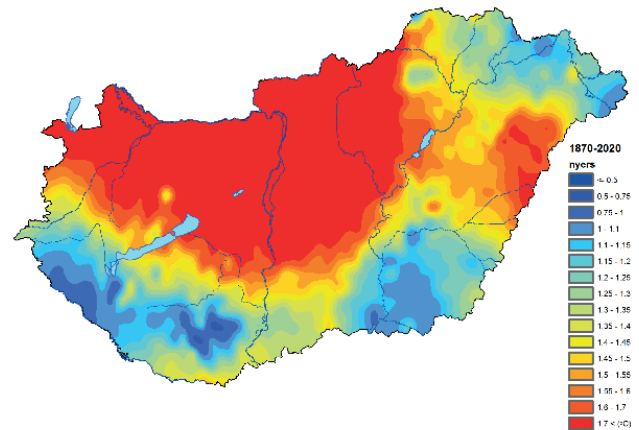


2. ábra. Klimatológiai adatbázis készítésének folyamata.

Az így elkészült adatbázis nemcsak az éghajlatváltozás tanulmányozására alkalmas, hanem inputként szolgál a jövőbeli projekciók elkészítéséhez, alkalmas a klímamodell eredmények verifikálására. Ezekon alapulnak a legújabb, 1991–2020-as klímanormálok, ezáltal Magyarország éghajlati atlaszának megújításához előállt egy reprezentatív éghajlati adatbázis. Azt is meg kell jegyeznünk, hogy a különböző állomáshálózatok reprezentativitás értékei, melyek a MISH eljárás alkalmazása során előállnak, hasznos információkat hordoznak a jövőbeli telepítésekhez, azaz optimalizálni tudjuk a tervezéskor a teljes magyarországi állomáshálózatot.



3. ábra. Homogenizált állomási adatsorokból interpolált évi középhőmérséklet értékek alapján, lineáris trendbecsléssel kapott hőmérsékletváltozás az 1870-2020-as időszakra vonatkozóan (°C).



4. ábra. Nyers állomási adatsorokból interpolált évi középhőmérséklet értékek alapján, lineáris trendbecsléssel kapott hőmérsékletváltozás az 1870-2020-as időszakra vonatkozóan (°C).

Konklúzió

A címben feltett kérdésre egyértelmű a válaszunk: homogenizált adatsorok alapján tudjuk pontosabban becsülni az éghajlat változásait. Ahhoz, hogy lássuk, hogy mekkora ez a különbség, érdemes megtekinteni a 3. és 4. ábrát. Ha a nyers adatsorokból szeretnénk következtetéseket levonni, akkor nagyon könnyen tévútra juthatunk. Nem csak azzal van a gond, ha valamely magyarországi területen nem kapunk statisztikai értelemben szignifikáns trendet a nyers adatokból, noha a homogenizált adatok szignifikáns változást mutatnak. Az is aggályos, ha a világhálón elérhető, bizonytalan minőségű adatforrásokon alapuló becslés jócskán meghaladja a valós értéket. Gondoljunk arra, hogy a klímamodell eredményeket jellemzően az elmúlt 100 év alatti változások tükrében értelmezzük. Ha nem homogenizált, kétes forrásokból származó információkat idéz egy szakember, például azt, hogy 4 °C-ot melegedett Budapest az elmúlt 100 évben, akkor egy laikus, de akár egy döntéshozó sem érzi veszélyesnek a klímamodellek által 2050-re becsült 2 °C-os hőmérséklet növekedést. Amennyiben a szakember azt kommunikálja, hogy 1,69 °C-ot melegedett Budapest, és ez jóval az országos és globális átlag fölötti érték, akkor a további 2 °C-os melegedés már komoly és egyben elkerülendő melegedés. Sajnos a mai napig sokan használják klimatológiai vizsgálatokhoz a nyers adatsorokat, amik hamis eredményre vezetnek. Ugyanígy elterjedt a reanalízis adatok használata, melyeknél sokkal pontosabb a felszíni méréseken alapuló adatbázisok vizsgálata (Bandhauer et al., 2021). Persze ez esetben sem mindegy, hogy milyen szoftvert használunk. A MISH és a MASH szoftverek nagy előnye, hogy adekvát matematikai alapon nyugszanak. Ez teszi lehetővé, hogy ezek használatával valós képet kapjunk a jelen és az elmúlt időszakok éghajlati viszonyairól.

Irodalom

Bandhauer, M., Isotta, F., Lakatos, M., Lussana, C., Bäse-
rud, L., Izsák, B., Szentés, O., Tveito, O. E., and Frei, C.,
2021: Evaluation of daily precipitation analyses in E-OBS
(v19.0e) and ERA5 by comparison to regional high-re-

solution datasets in European regions. *International Journal of Climatology*, 1–21.

<https://doi.org/10.1002/joc.7269>

Cressie, N., 1991: *Statistics for Spatial Data*. Wiley, New York
Izsák, B., Szentimrey, T., 2020: To what extent does the
detection of climate change in Hungary depend on the
choice of statistical methods? *Int. J. Geomath* 11, 17
<https://doi.org/10.1007/s13137-020-00159-7>

Izsák, B., 2021: Homogenizálás a meteorológiában:
Vissza a jövőbe. *ÉLET ÉS TUDOMÁNY* (0013-6077):
LXXVI. évfolyam 6. szám

Szentimrey, T., 2014.: *Manual of homogenization software
MASHv3.03*. Hungarian Meteorological Service,
Budapest, Hungary

Szentimrey, T. and Bihari, Z., 2014: *Manual of interpolation
software MISHv1.03*. p. 89. Hungarian Meteorological
Service, Budapest, Hungary

Szentimrey, T., Bihari, Z., Lakatos, M., and Szalai, S., 2011:
Mathematical, methodological questions concerning the
spatial interpolation of climate elements. *Proceedings
from the Second Conference on Spatial Interpolation
in Climatology and Meteorology*, Budapest, Hungary,
2009, *Időjárás* 115, 1–2,

Szentimrey, T., 2011: Éghajlati adatsorok elemzése, homo-
genizálása In (szerk.: Bartholy Judit, Bozó László,
Haszpra László): *Klímaváltozás – 2011*, MTA-ELTE
Meteorológia Tanszék – Budapest – 2011), 38-43 p.,

Venema, V., Mestre, O., Aguilar, E., Auer, I., Guijarro,
J. A., Domonkos, P., Vertacnik, G., Szentimrey, T.,
Štěpánek, P., Zahradnicek, P., Viarre, J., Müller-West-
ermeier, G., Lakatos, M., Williams, CN., Menne, M.,
Lindau, R., Rasol, D., Rustemeier, E., Kolokythas,
K., Marinova, T., Andresen, L., Acquafredda, F., Fra-
tianni, S., Cheval, S., Klancar, M., Brunetti, M.,
Gruber, C., Duran, MP., Likso, T., Esteban, P. and
Brandsma, T., 2012: Benchmarking monthly homo-
genization algorithms. *Clim ate of the Past* 8:89–115.
<https://doi.org/10.5194/cp-8-89-2012>

World Meteorological Organization (WMO), 2020: *Guidelines
on Homogenization*, WMO-No. 1245, p. 63

A PÁROLGÁS SZEREPE ÉS A „TÁJI HŐSZIGETEK” HATÁSA AZ ÉGHAJLATI ENERGIA- ÉS VÍZMÉRLEGRE

THE ROLE OF EVAPORATION AND THE IMPACT OF „LANDSCAPE HEAT ISLANDS” ON CLIMATIC ENERGY AND WATER BALANCE

Báder László

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízgazdálkodási és Vízépítési Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3.
laszlo.bader@edu.bme.hu

A cikk a 2021. április 12-15. között megrendezett HuPCC (Magyar Éghajlatváltozási Tudományos Testület) 1. konferencia 2b szekciójában elhangzott előadás alapján készült.

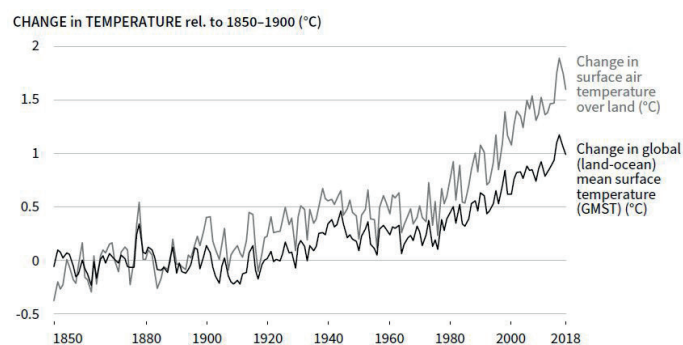
Összefoglalás: Az IPCC 2019-es jelentése szerint szárazföldeken nagyobb a hőmérséklet emelkedése, mint a felmelegedés globális átlaga. A szárazföldek területi párolgásának növekedése mutatható ki az ezredfordulóig, majd megfordult a trend. Komoly figyelmeztető jelek. A párolgás a hidrológiai ciklus meghatározó tagja, a légkörzésben a hőszállítás semmi mással nem pótolható közege. Magyarországi adatokat vizsgálva feltehető, hogy a felmelegedéshez tájhasználat változásain keresztül a párolgási viszonyok megváltoztatása is hozzájárul. Ahol jelentős a párolgáshiány a városi hőszigetekhez hasonló „táji hőszigetek” alakulhatnak ki. Az üvegházhatású gázok arányának csökkentése így csak szükséges, de nem elégséges feltétele az éghajlatváltozás problémájának megoldásában. A természetes hőcserélő folyamatok hatékonyságának megőrzése, a táji szintű vízellátás és vízkörforgás javítása is nélkülözhetetlen.

Abstract: Air temperature increases faster on the continents compared to global warming, as shown in a 2019 IPCC report. The rate of evaporation on the continents was also increasing with global warming, however the growing trend has reversed at around the end of the last century. This may be a serious warning to the vulnerability of the global heat distribution process. The heat distribution function of evaporation is limited, when there is not enough of water to pick up the surplus heat from the land surface in the form of vapour, consequently larger and larger „landscape heat islands” are formed. Controlling the carbon emission and sequestration processes is a mandatory condition to curb climate change, but may not be sufficient. A further condition to limit climate change on the continents seems to be an efficient heat distribution process. This requires the improvement of water supply at the landscape level, thus supporting sustainable land use and maintaining a healthy hydrological cycle.

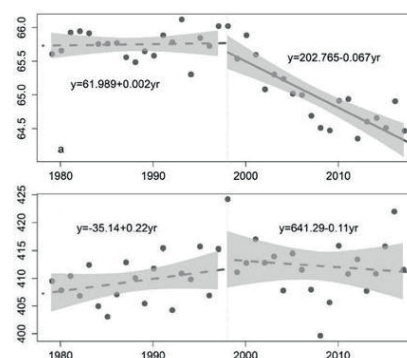
Bevezetés. A globális felmelegedés az utóbbi évtizedekben kiemelt témává vált a tudományban, közéletben és a híradásokban egyaránt. Magyarországon a levegő középhőmérsékletének országos átlaga 2020-ban 11,5 °C volt, az elmúlt 120 év alatt (1901 és 2020 között) +1,23 °C-t emelkedett (Biróné, 2021). A felszínhőmérséklet havi maximum értékei felhőmentes napokon már áprilisban elérhetik a 35 °C-t, és júliusban az Alföld jelentős részén meghaladják 42 °C-t, ahogy ez az 1961 és 1990 közötti 30 év átlagai alapján kimutatható (Mersich, 2010). A hőmérséklet emelkedésével megnőtt és tovább növekszik

mind az épített, mind a természeti környezet hőterhelése. Hogyan lehet képes a környezet reagálni a hőmérséklet-emelkedéssel járó fokozott igénybevételre?

Problémafelvetés. A külföldi kutatások adatai is megerősítik, hogy lényeges változásokról van szó, és jól érzékeltek a változások mértékét. Az IPCC a „Climate Change and Land” című 2019-es jelentésében közölt grafikon (1a. ábra) bemutatja, hogy a szárazföld hőmérsékletének növekedési üteme meghaladja a hőmérséklet emelkedésének globális átlagát. (IPCC, 2019). Eközben más kutatások szerint a párolgás növekedése globálisan megállt (Jung et al., 2010; Xiao et al., 2020). A relatív nedvesség és párolgás trendjében az ezredforduló környékén törés mutatható ki (1b. ábra).



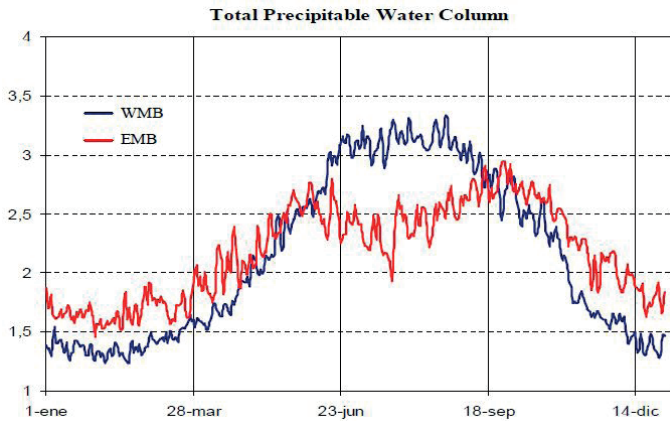
1a. ábra. A szárazföldek felmelegedése (felső vonal) gyorsabb, mint a felmelegedés globális átlaga (alsó vonal)
 Forrás: IPCC, 2019.



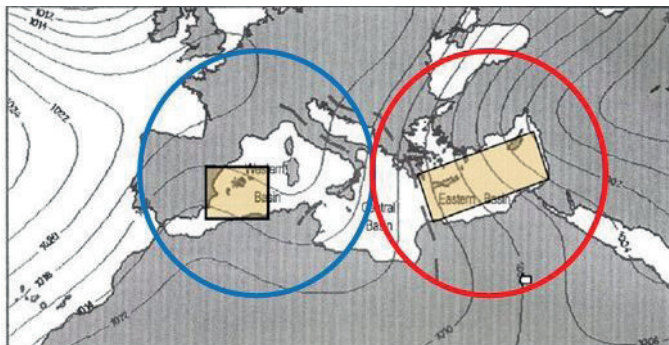
1b. ábra. A relatív nedvesség (fent, %) és a területi párolgás átlaga (lent, mm/év) 1979 és 2017 között (Xiao et al., 2020).

A Földközi tenger keleti-, és nyugati medencéjében a kihullható víztartalom mennyiségét látjuk a 2a. ábrán.

A grafikon szerint tavasztól mindkét medencében emelkedik a víztartalom, de a nyári időszakban a légköri oszlop víztartalmának növekedése a keleti medencében megáll kb. 2,5 cm-nél. Ez az eltérés a légköri folyamatok eltérő jellegére utal (Millán, 2014a). Az adatokat a 2000–2008 közötti években az Aqua és Terra műholdak MODIS műszerei gyűjtötték, és a 2b ábrán négyzettel jelölt területek 9 éves időszak napi átlagait mutatják be (Millán, 2014b).



2a. ábra. A kihullható csapadék mennyisége a Földközi-tenger keleti medencéjében (pirossal jelölve) és nyugati medencéjében (kékkel jelölve) a 2000–2008-as évek átlagában (Millán, 2014a).



2b. ábra. A 2a ábrán bemutatott napi értékek az Aqua és Terra műholdak MODIS műszerei adatainak 9 évi átlagát mutatják a négyzetekkel jelölt területekre (Millán, 2014b).

Módszer. Elgondolkodtatóak a fenti adatok, érdemes a jelenséget több oldalról megvizsgálni, majd feltenni a kérdést, hogy vajon milyen összefüggés lehet az adatok és folyamatok között? Mit jelenthetnek ezek az adatok? Hogyan értelmezzük őket?

A felmelegedés és a párolgás közötti kapcsolat tisztázásának érdekében alapvető kérdésekhez is szükséges lehet visszatérni. Az időjárás és éghajlat folyamatai leegyszerűsítve egy természetes energia-kiegyenlítő rendszer részei, amelyek a külső kényszerítő tényezők hatásait követve egyensúlyi állapot elérésére töreksznek. A fizikai kényszerek változásának ritmusát a Föld napi és éves mozgása adja meg.

A továbbiakban a magyarországi vízmérleg legfontosabb összetevői arányának ismeretében a funkcionális összefüggéseket vizsgáljuk meg, majd a rendszer energiaellátásának, valamint a légkörzés energiaszállító, kiegyenlítő képességének és a párolgásnak a szerepét.

Energiamérleg. A rendszer legfőbb hajtóereje a Földet a Nap felől folyamatos erő rövidhullámú besugárzás, amelynek értéke átlagosan 1367 W/m^2 közepes Nap–Föld távolsággal számolva. Mivel a rövidhullámú besugárzással érkező energia a forgásban lévő Föld teljes felszínén oszlik el, ezért a Nap felé néző körleptet érő energiamennyiség egynegyedével, 341 W/m^2 átlagos besugárzási teljesítménnyel számolunk a Föld energiamérlegében (Pokorný et al., 2016). A sugárzás egy része nem éri el a Föld felszínét, visszaverődik, szóródik, elnyelődik. A felszínig lejutó rövidhullámú sugárzás átlagos teljesítménye a teljes rövidhullámú sugárzás 47%-a.

Ha a felszín hosszú távon egyensúlyi energia-állapotban van, akkor a felszínre elért besugárzással (mint bevétellel) egyenlő a kiadás is, amely már megváltozott formában, 21%-ban hosszú hullámú kisugárzás, 7%-ban érzékelhető hő (hőáramlás és hővezetés), és 23%-ban rejtett (látens) hő formájában párolgással távozik a felszínről. Globális becslés alapján a rejtett hő mintegy háromszorosa az érzékelhető hő mennyiségének (látens hő: $70\text{--}85 \text{ W/m}^2$, illetve érzékelhető hő: $15\text{--}25 \text{ W/m}^2$), de arányaiban a becslések a legnagyobb szórást pont itt mutatják (Wild et al., 2013).

Figyeljük meg, hogy a felszíni energiamérleg kiadási oldalán a legnagyobb tag a párolgást jelentő látens hőszállítás, és ne feledjük, hogy ezek az adatok globális átlagok, a tényleges értékek ettől évszaktól, napszaktól és helytől függően lényegesen eltérhetnek.

Fizikai alapok, fogalmak. A párolgás egyszerű, de a földi élet szempontjából létfontosságú fizikai jelenség. A párolgás mennyiségét általában mm-ben, az eltávozó vízborítás magasságában szokták megadni.

A területi párolgás az a vízmennyiség, amely adott helyről, adott idő alatt, adott körülmények között ténylegesen vízpára formájában eltávozik. Mennyisége függ a hőmérséklettől, páratartalomtól, szélességtől, nyomástól, és a rendelkezésre álló víz mennyiségétől.

A potenciális párolgás egy adott légtér által felvehető maximális páramennyiség, vagy másként az a vízmennyiség mm-ben, ami egy adott helyen képes lenne összesen elpárologni, ha a víz korlátlanul állna rendelkezésre, és csak az egyéb körülményektől függene a párolgás mennyisége. A párolgáshiány, vagy páraéhség azt jelenti, hogy mennyi víznek kellene még elpárolognia ahhoz, hogy a potenciális párolgás szintjét elérjük.

A párolgás kifejezés alatt a továbbiakban a szabad felületről történő párolgást és a növényzet által történő párolgotatást együttesen értjük (mint az evapotranspiráció fogalmában).

Fontos még emlékeztetni a víz rendkívüli hőtani tulajdonságaira. A beton fajhője $0,88 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, a víz fajhője $4,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, amely sokszorosa a beton (és általában az építőanyagok) fajhőjének, azaz a víz jó hőmérséklet-stabilizáló képességgel is rendelkezik (lassabban melegszik, vagy lassabban hűl, mint más anyag). A fajhőnél azonban több nagyságrenddel nagyobb a víz párolgáshője, $2480 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$.

Egy kg (1 liter) 20 °C-os víz párolgásához 2480 kJ energia szükséges! Ezt az energiát – hőt –, a felszínről elpárolgó víz a környezetéből veszi fel, és „viszi magával”, mint látens hőt (Eiseltová *et al.*, 2012). A víz tehát a folyamatban a hőcserélő közegnek tekinthető. Az éghajlati energiák szállításában, a hőcserélő folyamatokban a víz halmazállapotváltozása (a párolgás) játssza a szárazföldeken a kulcs szerepet, ami semmi mással nem helyettesíthető a globális légkörzésben.

Víz mérleg. A szárazföldek vízellátását alapvetően a csapadék biztosítja, ami a felszínről elpárolog, lefolyik, vagy esetleg tározódik. A párolgás jelentőségére összpontosítva most csak a legegyszerűbb víz mérleg egyenlet adatait nézzük meg, a legnagyobb tagokat, ahol a bevételi oldal a csapadék, a kiadási oldal a lefolyás, párolgás, és beszivárgás, amelyet bizonyos időszakokra (általában egy évre) adunk meg. A tagok részletezésétől és egyéb tagoktól eltekintünk (csapadékfajták, szivárgás, átfolyás stb.).

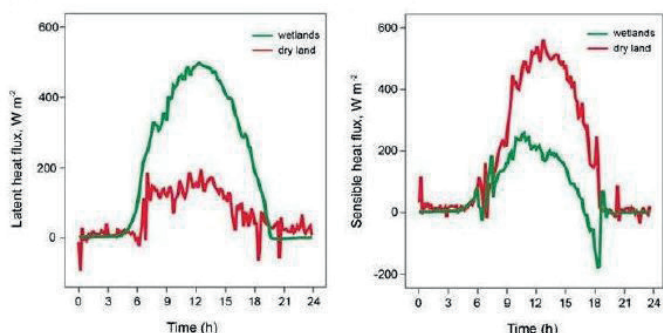
A mérlegegyenlet így: $Bevétel = Kiadás + Vízkeszlet\ változás$, azaz $Cs = P + L + B + \Delta K$, ahol „Cs” a beérkező csapadék, „P” a párolgás, „L” a lefolyás, „B” a beszivárgás és ΔK a készletváltozás. Magyarországon a csapadék éves mennyisége 56 km³, a párolgás 48 km³, a lefolyás és beszivárgás pedig csak 4,7 km³ ill. 3,3 km³, együtt is csak a csapadéknak mintegy 12%-a a 2001–2010 közötti időszak éves átlaga alapján (Kocsis, 2018b). A készletváltozást rövidebb időszakokra vonatkoztatva az egyszerűség kedvéért általában nullának tekintik. Fontos azonban megjegyezni, hogy ez az egyszerűsítés vezetett oda, hogy a kontinensek fokozatos kiszáradását nem vettük észre időben (Kravcik *et al.*, 2000). Ennek elemzése, részletezése meghaladja a jelen téma kereteit, most a hőcserélő körfolyamat kulcsát jelentő párolgás szerepét vizsgáljuk. Mivel a víz mérlegben Magyarországon a legnagyobb kiadási tag a párolgás, ez jelzi annak fontosságát a vízkörzésben és az éghajlati energiák közvetítésében.

A párolgás jelentősége a hőforgalomban. A fizikai és szemléleti alapok tisztázása után térjünk vissza a felmelegedésre, és annak okaira, következményeire. Nyár közepén a besugárzással érkező hő elszállításához a legtöbb helyen már nem áll rendelkezésre elegendő mennyiségben víz, amely elpárologva, látens hőként távozva segítené a hőkiegyenlítést. Éghajlati aszály alakulhat ki, a helyi csapadék esélye csökken, tartós aszály előfordulhat már áprilistól kezdődően (Horváth *et al.*, 2010). A párolgás hiánya súlyos rendellenességeket okoz: szabályzó – a besugárzás hatását mérséklő – negatív visszacsatolás helyett gerjesztő pozitív visszacsatolás alakulhat ki. Tovább melegszik a környezet, még nagyobb a páraigény, de nincsen a párolgáshoz elegendő víz, amelynek párolgása hűtő hatással lenne, ezért folytatódhat a felmelegedés és azzal még tovább nő a páraigény.

A felszínborítás megváltoztatása hatással van a hőmérsékletre, ahogy ez a városi hősziget jelenségénél jól kimutatható, nyáron a beépített területek a környezetüknél melegebbek (Unger és Gál, 2017). A felszínborítás változása és a párolgás csökkenése azonban nagyobb léptékben is hasonló következményekkel jár. Az intenzíven művelt mezőgazdasági tájban is megváltoznak a felszíni hőcserélő,

hőszállító folyamatok (különösen betakarítás után, nagytáblás művelésnél, amikor a határ nagy része fedetlen marad). Felmelegszik a talaj, csökken a párolgás a környező nedvesebb területekhez képest, ezáltal a párolgással elvezetett hő mennyisége (a látens hőszállítás) is csökken. Tovább melegszik a felszín, egyre nagyobb területek hőmérséklete emelkedik a környező területek hőmérséklete fölé, nagyobb méretű hőfoltok, „táji hőszigetek” alakulhatnak ki (Báder, 2020).

Csehországban megvizsgálták a látens hő és érezhető hő napi menetét és arányát különböző felszínborítás mellett (Hurina és Pokorný, 2017). A 3. ábrán megfigyelhető, hogy egy nyári napon, délidőben egyrészt a korábban említett globális átlagértékekhez képest lényegesen nagyobbak a teljesítmények, másrészt a felszínborítástól függően megváltozik az érezhető-, és a látens hő aránya. A vizes élőhelyen a látens hőszállítás a meghatározó, míg szántóföldön az érezhető hő értéke nagyobb. A felszínborításnak tehát lényeges szerepe van a hőforgalom alakulásában.



3. ábra. Vizes élőhely (zöld vonal) és szántóföld (piros vonal) hőforgalmának összehasonlítása egy forró nyári napon. Dél-Csehország, 2011 július. (Hurina és Pokorný, 2017). Balra: a látens hőszállítás, jobbra az érezhető hő napi menete.

	W/m ²	A rövidhullámú sugárzás megoszlása %-ban	A felszínre elérő rövidhullámú sugárzás %-ban	Vizes élőhely és szántóföld hőforgalmának összehasonlítása %-ban
Teljes bejövő rövidhullámú sugárzás	341	100	-	-
Felszínre elérő rövidhullámú sugárzás	161	47	-	-
Hosszúhullámú kisugárzás	57	17	41	na
Érzékelhető hő (levegő + talaj)	20	6	14	10–20% (vizes élőhely) 70–80% (szántó)
Látens hő (párolgással távozó rejtett hő)	84	25	45	80–90% (vizes élőhely) 20–30% (szántó)

1. táblázat. A Föld sugárzási egyenlegének főbb összetevői (Wild *et al.*, 2013), valamint vizes élőhely és szántóföld hőforgalmának összehasonlítása (Hurina és Pokorný, 2017). A földfelszínre elérő sugárzási energia legnagyobb része, átlagosan 45% látens hővé válik, de az arány a felszínborítástól függően 20–90% között változhat.

Az az 1. táblázat összefoglalja az energiamérleg felsorolt összetevőinek arányát, valamint azok változását a felszínborítás függvényében. Az utolsó oszlop az érzékelhető és

rejtett hő arányának jelentős különbségét mutatja be egy vizes élőhelyet és egy szántóföldet összehasonlítva. Az „Érzékelhető hő” sorban a vizes élőhelyhez tartozó 10–20% mutatja, hogy a párolgás miatt kevés hő „marad a tájban”, miközben ez az arány szántóföldön 70–80%, ami magyarázatot ad a nagyobb felmelegedésre. A „Látens hő” sorban az arány fordított, a vizes élőhelyről a beérkező energia 80–90%-a vízpárával eltávozik, de a szántóról csak 20–30%!

A hőmérséklet és párolgás eloszlásának összehasonlítása Magyarországon. Az országos átlagos évi csapadékmennyiség az 1981–2010-es 30 éves időszakban 580 mm körül volt (Kocsis, 2018a), bár az egyes évek csapadékösszege jelentősen eltérhet egymástól. A legkevesebb évi csapadék az ország középső területein és délkeleten hullik, mintegy 500 mm. A legtöbb, 700 mm feletti a csapadék a délnyugati megyékben, Zala, Somogy és Baranya megyékben. Ha a nyári hónapok csapadéka területi eloszlását nézzük (június-július-augusztus), akkor azt láthatjuk, hogy pont az Alföldön a legkevesebb a csapadék, ott, ahol a legnagyobb a besugárzás (mintegy 4800–5000 MJ/m²/év), és a legtöbb (2000 óra feletti) a napsütéses órák évi száma (Kocsis, 2018).

Ha összevetjük a 2000–2008-as 9 éves időszaknak a műholdról mért nappali felszíni hőmérséklet átlagának térképét a becsült átlagos éves párolgás térképével (Kovács, 2011), akkor jól látható az ország délkeleti részén a melegebb terület, ahol az Alföld hatalmas „táji hőszigetként” jelenik meg (4a. ábra), ugyanítt a táji szintű vízhiány jól felismerhető (4b. ábra). A műholdas észlelések segítségével az eddigieknél részletesebb felszíni hőmérséklet- és párolgástérképek készítésére nyílik lehetőség, amelyeken a párolgási folyamat dinamikája is jobban felismerhető. Ezt a korábbi, kizárólag a felszíni mérésekre épülő párolgástérképek még nem tették lehetővé. Magyarországra az első 1 km x 1 km felbontású párolgásbecslés térképek jól mutatják a módszerben rejlő lehetőségeket.

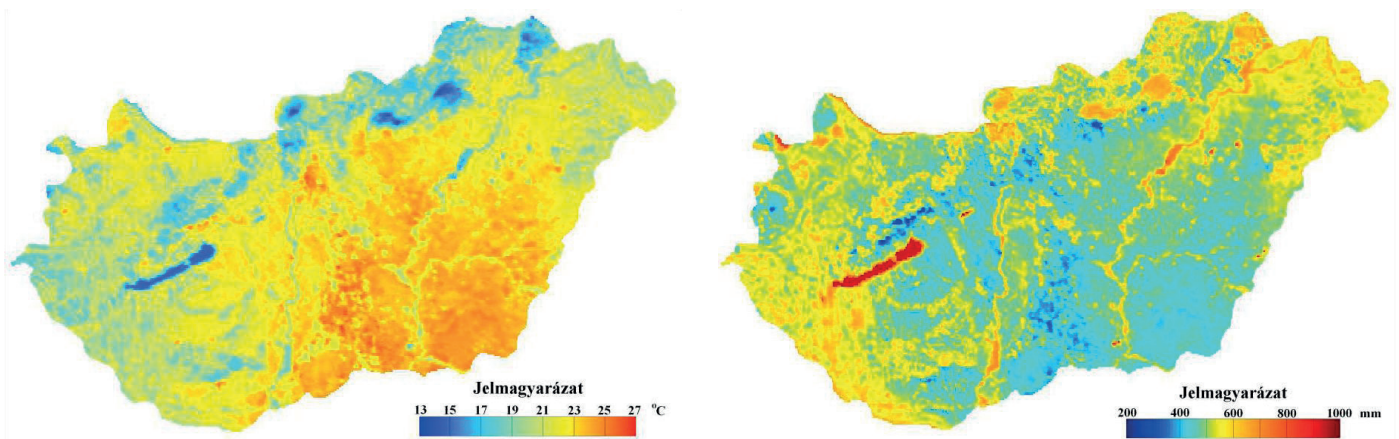
A magasabb hőmérsékletű területeken a párolgás kisebb, nincs elegendő víz a párolgáshoz. Nyílik az olló, többet kellene párolgatni, de hiányzik a hő elvezetéséhez szükséges víz. Ha hiányzik a víz, több hő marad a tájban, nagyobb

a felmelegedés, még több víz kellene. Az Alföldön júliusban, az 1961–1990-es időszakban, 100 mm alatti volt az átlagos párolgás, miközben potenciálisan 180 mm-nél több is képes lenne elpárologni (Mersich, 2010).

A 4b. ábrán a párolgás értékeinek becslése CREMAP (Complementary Relationship based evaporation MAPPING) eljárással készült (Szilágyi és Kovács, 2010). A mintegy félévszázados komplementáris párolgásbecslési elmélet lényege, hogy miközben csapadék után egy terület száradása során a párolgás csökken, eközben a potenciális párolgás nő, és ez a változás matematikai kapcsolatba hozható. A számításokhoz kevés bemenő adat szükséges (hőmérséklet, páratartalom, besugárzás, nyomás, szélesség), de nem feltételezi a felszíni folyamatok részletes ismeretét, mert azok hatását a bemenő adatok magukban foglalják. A termodinamikai összefüggések feltárása (Szilágyi, 2021) és az eljárások fejlődése várhatóan segíteni fogja a módszer terjedését.

A 4b. ábrán bemutatott párolgástérkép adatainak 250 m × 250 m felbontásra leskálázását végezte el a közelmúltban egy másik kutatás CORINE felszínborítás adatbázis alapján (Csáki, 2019). Az eltérő felszínborításokra különböző értékek adódnak. A vizsgált 2000–2008-as időszakot felölelő 9 év átlagában a mesterséges felszín párolgása a legkisebb (471 mm/év), amelynél alig több a mezőgazdasági területek párolgása (499 mm/év). Az erdők természetközeli területek, vizenyős területek és vízfelületek párolgása pedig sorrendben: 576 mm/év, 671 mm/év, 861 mm/év. Az Alföld délkeleti részének kis párolgása igazolni látszik „táji hősziget” jelenséget, de az összefüggések elemzése és hatásvizsgálata még további kutatásokat igényel.

Diszkusszió. A kontinenseken a környezeti problémák jelentős részét feltételezhetően a területi és éghajlati adottságoknak hosszú távon nem megfelelő tájhasználat okozza. Ha alulértékeljük a párolgás szerepét a hőforgalomban és nem tartalékolunk elég vizet a tájban a melegebb időszakok párolgására, akkor a táj párolgató képességének csökkentésével a táj hőszállító, hőszabályozó képességét is csökkentjük.



4. ábra. Balra: Magyarország 1 km*1 km-es felbontású 9 éves átlagos nappali felszíni hőmérséklete a 2000–2008 időszakban a Terra és Aqua műholdak adatai alapján. Jobbra: a becsült éves területi párolgás átlaga ugyanerre az időszakra (Kovács, 2011).

A bemutatott adatok és ábrák alapján felmerülhet a kérdés, hogy mi lehet az ok, és mi az okozat a felszín fokozottabb felmelegedése és a kisebb párolgás között (akár egy szántóföldet, vagy nagyobb léptékben egy tájegységet, vagy az egész Alföldet vizsgálva)?

Egyrészt a táj fokozottabb felmelegedéséből következik, hogy nő a párolgási igény. Ekkor a felmelegedés lehet az ok, a víz (és a párolgás) iránti megnövekedett szükséglet pedig a következmény.

Másrészt megközelíthetjük a problémát fordítva is. Ha egy tájban a párolgáshoz szükséges vízmennyiség csökken (a rendszerből elvesztjük a hőcserélő folyadékot), akkor kevesebb lesz a párolgás, ez lehet az ok, következményként pedig a hőszállító, hőcserélő folyamatok gyengülnek. Az lesz az eredmény, hogy több hő marad a tájban, így a felmelegedés a következmény.

Természetesen nem lehet csak az egyik, vagy csak a másik feltevésből kiindulni, mert az időjárás és a felszínborítás alakulása dinamikusan változik. Tágabb összefüggéseket is szükséges vizsgálni. Például az Alföld esetében elég csak a középkortól felidézni és felsorolni a fontosabb változásokat: az erdősültség és vizes területek csökkenése, a legelők és szántóterületek arányának növekedése, vízrendezés, „tévesztés”, gépesített mezőgazdaság, nagyüzemek és nagyábrás művelés kialakulása (Andrásfalvy, 2009). Ezek a beavatkozások túlnyomóan a párolgásra rendelkezésre álló víz mennyiségét csökkentették, amely így „kellő időben” egyre kevésbé vált elérhetővé.

Törvényszerű-e a térségünkre jellemző, a táj kiszáradása felé vezető folyamat, amely helyenként már a sivatagosodás határát súrolja? Van-e megoldás? Ha megvizsgáljuk Magyarország vízmérlegét, megállapíthatjuk, hogy több víz lenne elérhető környezetünkben a párolgáshoz, igaz nem mindig akkor és ott, ahol éppen szükség lenne rá. Az éghajlati vízhiány arányaiban nagyon tűnik a társadalmi vízigényhez képest, de a Duna vízgyűjtőjének hatalmas vízmennyisége lehetővé teszi a tájszintű vízpótlást, amely a párolgáshiány enyhítéséhez szükséges. A kívánatos többlet párologtatás nem jelent azonban veszteséget a rendszerben, mert annak egy része még a vízgyűjtőn belül újra hasznosul (Ent et. al., 2014), amikor az elpárolgott víz része csapadék formájában ismét lehullik.

Fontos azonban megjegyezni, hogy nem szabad csak öntözésre és más technikai megoldásokra gondolni, amikor vízpótlásról beszélünk. Az öntözés csak töredéke annak a vízmennyiségnek, amely az éghajlati energiaforgalom kiegyensúlyozottabb működéséhez, a párolgás növeléséhez szükséges. Olyan összetett feladatról van szó, amihez a műszaki, emberi és tudásbéli adottságaink megvannak, de óriási szemléletváltásra és kölcsönös előnyökre alapuló együttműködésre van szükség a megvalósításhoz az élet minden területén. Csak néhány kiragadott példa: az erdőgazdálkodásban a folyamatos erdőborítással járó erdőkezelés terjesztése, az erdősültség növelése; mezőgazdaságban a talajtakarásos, forgatás nélküli szántóföldi művelés, vízigényes növények termesztése, tőrendszerek

kialakítása; városokban a zöld tetők, zöld falak, parkok, lugasok terjedése; lakott területeken a csapadékvíz visszatartása, beszivárgás segítése stb. Végeláthatatlanul lehetne még sorolni a lehetőségeket, ahol a víz megtartását, beszivárgását segíthetjük és elpárolgását lehetővé tudjuk tenni valamilyen formában akkor, amikor arra legnagyobb szükség van.

Összefoglalás: A párolgás az élő táj elemi szükséglete, amelynek napi és éves ritmusa van, funkciója a hőki-egyenlítés (Ripl, 2003), a globális felmelegedés felől nézve éghajlatunkon a többlethő elvezetése (Pokorný et al., 2016). A bemutatott közép-európai adatok és kutatások egybevágóan megerősítik, hogy a párolgás és vízkörforgás folyamata kulcsszerepet játszik a táj működőképességének megőrzésében (Kravcik et. al., 2000).

A közérthető megfogalmazás segíthet elvezetni a megoldandó problémák pontosabb körülhatárolásához, és egy fenntartható természetszemlélet kialakításához. Az alábbiak szerint foglalható össze a felvázolt helyzetelemzés üzenete:

1. A víznek rendkívüli szerepe van a globális hőforgalomban, a légkörzésben a hőcserélő közeg szerepét tölti be. A párolgás és az általa elszállított hő a szárazföldek hőháztartásának a kulcsa. A folyamat hatékonyságát a halmazállapotváltozás biztosítja. A víz hiánya a teljes hőcserélő rendszer működésének zavaraihoz, szélsőségekhez és sivatagosodáshoz vezethet.
2. A globális felmelegedésnek szárazföldön nem csak következménye, de egy másik alapvető oka a területi párolgás csökkenése, amely a tájhasználat változásaira vezethető vissza.
3. A légköri szén-dioxid arányát csökkentő intézkedések szükségesek, de nem elégséges feltételei a szárazföldek felmelegedésének és a sivatagosodásnak a megállítására. További szükséges feltétel a szárazföldi vízkörzés javítása, a párolgáshoz szükséges táji szintű vízellátás biztosítása.
4. A fenntarthatóságához nemcsak a lakossági, ipari, mezőgazdasági vízigényeket kell kielégíteni, hanem az éghajlati vízigényt is. Sőt, elsősorban azt kell kielégíteni, mert a vízkör „jó működése”, a víz körforgása teremti meg a kiegyensúlyozott környezeti állapotokat, és ezáltal biztosítja a vízellátás feltételeit.

Az éghajlatváltozás kezelése soha nem látott kihívás elé állítja az emberiséget. A természetet csak erőforrásnak tekintve nem juthatunk el a probléma gyökeréig. Rendszerszemlélettel, a táji elemek rendszerfunkcióinak megértésével – és azok működésének megőrzésével – tudunk csak fenntartható megoldásokat kialakítani (Agócs, 2018). A feladat óriási, de megoldható. Olyan kultúra és értékrend vezethet ki bennünket az önpusztító fogyasztásnövekedés zsákutcájából, ahol a bennünket fenntartó természeti folyamatok igényeit a saját igényeinkkel egyenrangúnak, vagy akár előtte állónak tartjuk, értük felelősséget vállalunk. Az eddigi civilizáció

megoldási kísérletek nem vezettek eredményre, nem sikerült megoldást találni évezredek át, mert a „használjuk ki a lehetőségeket” szemlélet nem változott.

A vízkörzés stabilitásának megőrzéséhez, a táj-növényborítás-vízkör rendszer kiegyensúlyozott működése szükséges (Báder, 2006). Paradox módon az éghajlatváltozás, sivatagosodás és a vízbiztonság problémáinak megoldásához az vezet, hogy „elegendő” mennyiségű vizet „pazaroljunk” párolgásra. A vízbőség esetén jól működik a táj hőcserélő rendszere, kevesebb vízre lesz szükség a kiegyensúlyozott vízkörforgáshoz, abból pedig jut elég az emberi szükségletek kielégítésére is.

Irodalom

- Agócs, J., 2018: Rendkeresés. Ekvilibrium Kiadó, Budakeszi.
- Andrásfalvy, B., 2009: Árvíz és társadalom a magyar történelemben. In (Géczy, G. et al.): Az élő és éltető táj. Ekvilibrium Kiadó, Budakeszi, p. 93–122.
- Báder, L., 2006: Öltöztessük fel a Földet – az éghajlatváltoz(tat)ás testközelből. Palocsa Egyesület, Zalkod.
- Báder, L., 2020: „Táji hőszigetek” és hatásuk az éghajlati energia- és vízmérlegre. *J. Lands. Ec.* 18, 87–96.
- Bíróné, Kircsi A., 2021: A 2020 év időjárása. *Légekör* 66, 35–38.
- Csáki, P., 2019: A klímaváltozás hatása a vízkészletekre a felszínborítás figyelembevételével. PhD értekezés, Soproni Egyetem, Sopron.
- Ent, R.J. van der, Wang-Erlandsson L., Keys, P.W and Savenije, H.H.G., 2014: Contrasting roles of interception and transpiration in the hydrological cycle – Part 2: Moisture recycling. *Earth Syst. Dynam.* 5, p.471–489
- Eiseltová, M., Pokorný, J., Hesslerová, P., and Ripl, W., 2012: Evapotranspiration – A Driving Force in Landscape Sustainability. Evapotranspiration - Remote Sensing and Modeling, Ayse Irmak, IntechOpen. DOI:10.5772/19441
- Horváth Sz., Jankó Szép I., Makra L., Mika J., Pajtók-Tari I., and Utasi Z., 2010: Effect of evapotranspiration parameterisation on the Palmer Drought Severity Index. *Phys. Chemist. Earth* 35, 11–18.
- Hurina, H. and Pokorný, J., 2016: The role of water and vegetation in the distribution of solar energy and local climate: a review. *Folia Geobotanica* 51, 191–208.
- IPCC, 2019: P.R. (eds.: Shukla, J. Skea, R. Slade, R. van Diemen, E. Haughey, J. Malley, M. Pathak, J. Portugal Pereira) Technical Summary. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.
- Jung, M., Reichstein, M., Ciais, P. et al., 2010: Recent decline in the global land evapotranspiration trend due to limited moisture supply. *Nature* 467, 951–954 (2010). <https://doi.org/10.1038/nature09396>
- Kovács, Á., 2011: Tó- és területi párolgás becslésének pontosítása és magyarországi alkalmazásai. PhD értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest.
- Kravčik, M., Pokorný, J., Kohutiar, J., Kovač, M., and Tóth, E., 2000: Víz a harmadik évezrednek (Voda pre tretie tisícročie). *Ludia a voda (Emberek és víz egyesület)* Kosice (Kassa)(Szlovák nyelven)
- Mersich, I. (szerk.), 2010: Magyarország éghajlati atlasza. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.
- Kocsis, K. (szerk.), 2018: Magyarország nemzeti atlasza. II. kötet: Vizek. MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest p. 70
- Kocsis, K. (szerk.), 2018a: Magyarország nemzeti atlasza. II. kötet: Természeti környezet, éghajlat. MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest, 58–67.
- Millán, M., 2014a: Drought in the Mediterranean and (summer) floods in the UK and Central-Eastern Europe: What Global Climate Models cannot see regarding the hydrological cycles in Europe, and why. Gammeltoft-RACCM-CIRCE Report, revised 2014 for the EC's Conference Land as a Resource, 80–81.
- Millán, M., 2014b: Extreme hydrometeorological events and climate change predictions in Europe. *J. Hydrol.* 518, 206–224.
- Pokorný, J., Hesslerová, P., Hurina, H., and Harper, D., 2016: Indirect and direct thermodynamic effects of wetland ecosystems on climate. In (ed.: Vymazdal, J.), Natural and constructed wetlands. *Springer*, Cham. 91–108.
- Ripl, W., 2003: Water, the bloodstream of the biosphere, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 358(1440), 1921–1934.
- Szilágyi, J. and Kovács, Á., 2010: Complementary-relationship-based evapotranspiration mapping (cremap) technique for Hungary. *Civil Engineering* 54/2, 95–100. doi: 10.3311/pp.ci.2010-2.04
- Szilágyi, J., 2021: On the thermodynamic foundations of the complementary relationship of evaporation. *J. Hydrol.* 593, 125916.
- Unger, J. és Gál, T., 2017: A városi hősziget jelenségköre és modellezési lehetőségei. *Meteorológiai Tudományos Napok*, 2017. november 23–24, 43.
- Wild, M., Folini, D., Schär, C., Loeb, N., Dutton, E., and König-Langlo, G. 2013: A new diagram of the global energy balance. *AIP Conference Proceedings* 1531, 628–631.
- Xiao et al., 2020: Stomatal Response to decreased relative humidity, *Environ. Res. Lett.* 15, 094066

NAPFÉNYTARTAM ÉS GLOBÁLSUGÁRZÁS SOKÉVI ÁTLAG TÉRKÉPEK MAGYARORSZÁGRA

MULTIANNUAL SUNSHINE DURATION AND SOLAR RADIATION MAPS OF HUNGARY

Dobi Ildikó

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest Kitaibel Pál utca 1., dobi.i@met.hu

Összefoglalás. A napfénytartam és globálsugárzás egy térség éghajlatának meghatározó paraméterei. Magyarország területére beérkező sugárzásra vonatkozóan a múlt század folyamán néhány tucat térkép került publikálásra. A napenergia iránt érdeklődő olvasó interneten vagy kiadványokban rákeresve találkozhat ezekkel az eredeti ábrákkal, vagy átrajzolt változataikkal. A régi atlaszokból, tankönyvekből, szakcikkekből átvett térképeken azonban jellemzően sem a mérési időszak, sem a mértékegység nem került feltüntetésre, ami megtévesztő. A cikk az első hazai atlasztól a műholdas adatfeldolgozásokig kronológiai sorrendben tekinti át – a minőségellenőrzött adatokon alapuló – gyakran hivatkozott sugárzás térképeket, segítve ezzel az eligazodást, és érzékeltetve a megfigyelésben és az adatokban bekövetkezett időbeli változást.

Abstract. Sunshine duration and global radiation are characteristic climate parameters of a region. Dozens of authentic maps on the incoming solar radiation of Hungary were published during the last century. Users interested in solar energy topic searching on the internet can find these original maps or their redrawn versions. However, maps taken from old Atlases, manuals and articles neither the measurement period nor the unit of measurement are typically indicated, which can be misleading. This paper reviews the most frequently cited radiation maps based on quality controlled data beginning from the first Hungarian Atlas to satellite derived services. It facilitates orientation among sources and recognition of changes over time in observations and data.

Bevezetés. Az éghajlatváltozás mértékének számszerű kimutatásához jó minőségű, hosszú felszíni adatsorokra van szükség. Globálsugárzásra vonatkozóan nincs „százéves sor”. A homogenizált, rácspontra számított adatsor 2001-től áll rendelkezésre az ország egész területére (OMSZ, 2021a). Kézenfekvő alternatív lehetőség, hogy a hiteles ellenőrzött adatokból publikált sokévi átlagokra vonatkozó térképek időben egymás utáni sorozatát vegyük alapul a változások nyomon követéséhez. Hasonló elvű áttekintést a szélterképekről a szerző (Dobi, 2006), a hőmérsékleti térképek kronológiai áttekintéséről Dunkel (2017) cikkében jelent meg.

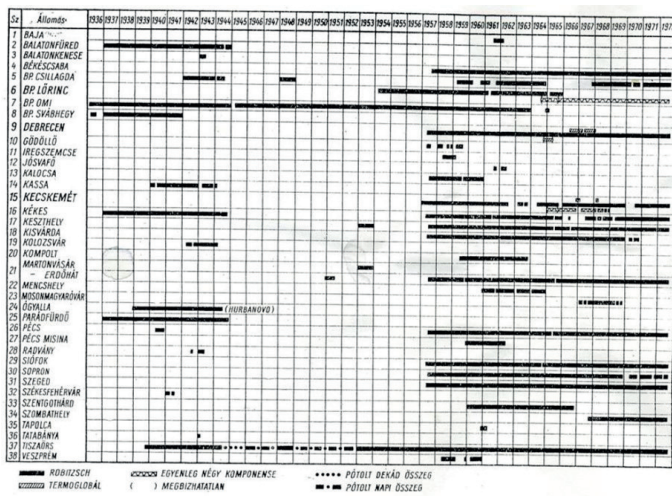
A következő fejezetben összefoglaljuk a sugárzásmérő hálózati műszerek tipikus mérési hibáit, felsorolva mindazokat a szempontokat, melyeket a térképek összehasonlítása során érdemes figyelembe venni. Gyűjtő néven „meta adat”-oknak nevezik a mérések pontosságát befolyásoló hatásokról, a mérési körülmények változásairól készült feljegyzéseket. Ilyenek pl. a mérőműszer pontos helye, a mérőeszköz cseréje, a mérési időpontok változása, a műszer környezetének jellemzése, állomás működésében bekövetkezett változások dátumai stb. A nyers adatok feldolgozása során kihagyhatatlan lépés a meta adatok ismeretében a bekövetkezett ún. inhomogenitások felismerése, korrekciója. A sugárzás adatok esetén különösen sokféle hiba adódhat. Megfelelő korrekció hiányában az „inhomogenitások összemérhetők lehetnek az éghajlatváltozás jelével” (Menyhárt, 2016). Ezért olyan feldolgozások kerülnek bemutatásra, melyek az adott kor legkorszerűbb módszereivel és körültekintő adatellenőrzéssel készültek, ezáltal a lehető leghitelesebben jellemzik a vizsgált időszakot.

Felszíni sugárzásmérések. A sugárzást jellemző paraméterek közül a napfénytartam és a globálsugárzás a legismertebb elemek. A napfénytartam tized órában megadja, hogy valamely helyen valamely egységnyi időtartam (pl. óra, nap, év) alatt milyen hosszú ideig sütött a nap. Hazai megfigyelése 1885-ben Kalocsán, a Haynald Observatóriumban kezdődött. A vegyszeres papírok fényérzékenységén alapuló Jordán-Fényi féle napsütéstartam mérővel (ún. napsütésautográf), közel fél évszázadon át azonos helyen végeztek méréseket (Bacsó et al., 1953).

Egységes Campbell-Stokes rendszerű papírszalagos napfénytartam műszerekkel felszerelt 40 állomásból álló mérőhálózat 1909-től fokozatosan épült ki az országban. A napsütéses órák tartamának tized órában történő detektálása technikailag az egyik legegyszerűbb mérés. A szabványos 96 mm átmérőjű tömör üveggömb a rá eső sugárzást egy pontba gyűjti. A napsugarak kitétik a papírszalagot, melynek óra beosztásáról kb. 6 percen belüli pontossággal a napsütés időpontja is meghatározható (Major et al., 1976). A szalagokon lévő égetési nyomok leolvasása szolgáltatta az óras napfénytartam összegeket. A mérés pontosságát sok (meta) tényező befolyásolta, ezért a mérési körülmények ismeretében speciális korrekciók váltak szükségessé. Számottevő hibát okozhatott a műszer nem megfelelő tájolása, beárnyékoltsága (ún. horizont korlátozás), az üveggömb állapota (pl. elkoszolódás, hóborítottág), továbbá az áteresztő és visszaverő képességének idővel történő megváltozása. Vizsgálatok szerint eltéréseket okozott a papír változó minősége (pl. színe, vastagsága, nedvszívó képessége), ennek következtében tág határok közt alakult a szalag kitétéséhez szükséges napsugárzás küszöbértéke

(70–280 W/m²), további hibaforrás volt a papírszalag szubjektív kiértékelése. Az OMSZ állomásokon 2013. március 31-ig folytak az üveggömbökkel végzett mérések (Tóth, 2014).

Definíció szerint a globálisugárzás az az energia mennyiség, amely a teljes napsugárzásból a vízszintes sík felületegységére időegység alatt érkezik (Major, 1976). A globálisugárzás a közvetlen (direkt) és a szórt (diffúz) sugárzás összege. A napfénytartam detektálásával szemben a felszíni globálisugárzás az egyik legösszetettebb felszíni meteorológiai mérés. Közvetlen sugárzás mérések 1907-ben kezdődtek Ógyallán (ma Hurbanovo), majd 1908-tól Kalocsán a kor világszínvonalú eszközével, az Angström-féle elektromos kompenzációs pirheliométerrel (Takács, 1970). A vízszintes felszínre érkező globálisugárzás regisztrálását 1937-től a papírszalagos Robitzsch-féle bimetáll aktinográfok (pyranográfok) rögzítései tették lehetővé. „Az ország területére jellemző eloszlási kép megállapításához szükséges hálózatszerű mérések 1957-ben kezdődtek el” (Major et al., 1976). Ekkorra a sugárzásmérő állomások száma fokozatosan 38-ra nőtt (1. táblázat). A 25–30 éves mérési sorok akkoriban világviszonylatban is a leghosszabbak közé tartoztak (Takács L., 1965). 1973-tól a hálózatban műszercsere volt, termooszlopos érzékelők és elektromos regisztrálók kerültek felszerelésre. (Major, 1973). Az OMSZ hálózatában a mérőhelyeken 2001 óta rendszeresen kalibrált, többnyire Kipp&Zonen CM11 típusú piranométerek üzemelnek, melyek megbízható 10 perces adatokat szolgáltatnak. Jelenleg (2021-ben) 46 sugárzásmérő állomás üzemel.



1. táblázat. A magyarországi globálisugárzás mérések 1936–1972 között.

A klímaváltozási vizsgálatok során gyakorta olyan kis eltéréseket kell az adatsorokban kimutatni, ami a mérési pontosság nagyságrendjébe esik. A numerikus időjárás-előrejelző és az éghajlati modellek, a napkollektoros és fotoelektromos rendszerek tervezése, valamint a szoláris építészet szintén nagy pontosságú adatokat igényel. A mérési pontosság szempontjából döntő fontosságú a piranométerek rendszeres kalibrációja. A Meteorológiai Világszervezet (WMO) szabványa szerint a regionális referencia műszereket öt évente a svájci Davosban lévő Nemzetközi Sugárzási Etalonhoz kalibrálják, majd ezekhez

a berendezésekhez kalibrálják a régió országainak az etalon piranométereit. A globálisugárzás mérésének bonyolultságát jelzi, hogy a mérőeszközök minősítését a műszer 10-féle érzékenységi mutatója alapján határozzák meg (Menyhárt, 2016). Az OMSZ hálózatában üzemeltetett piranométerek megfelelnek a nemzetközi ISO 9060 szabvány előírásainak.

A sugárzás tartamát és mennyiségét jellemző paraméterek között értelemszerűen szoros összefüggés van, ezért a két változó egymásból lineáris regressziós függvénykapcsolattal becsülhető. A művelethez Angström (1924) eljárása, ill. annak módosításai terjedtek el. Például az 1901–50-es térképekhez Dobosi (1957) az összefüggést havonta meghatározott regressziós együtthatókkal módosította, ezáltal változóan felhős napokra lényegesen jobb becslést kapott (Paál, 1986). Az alábbiakban ismertetésre kerülő feldolgozásokban szereplő múlt századi „globálisugárzás” adatok – néhány kivételtől eltekintve – a napfénytartam mérések regressziós becsléseiből származnak. Közvetlenül mérésekből származó, meta adatokkal rendelkező digitális globálisugárzás adatok az automaták elterjedésével, 2001 óta érhetők el OMSZ adatbázisában. 2013-ban az üveggömbös napfénytartam mérés megszűnésével a napfénytartamot átmenetileg néhány évig a globálisugárzásból becsülték (Nagy, 2014). 2020 áprilisa óta a napfénytartam térképek műholdas adatokból készülnek (OMSZ, 2021b).

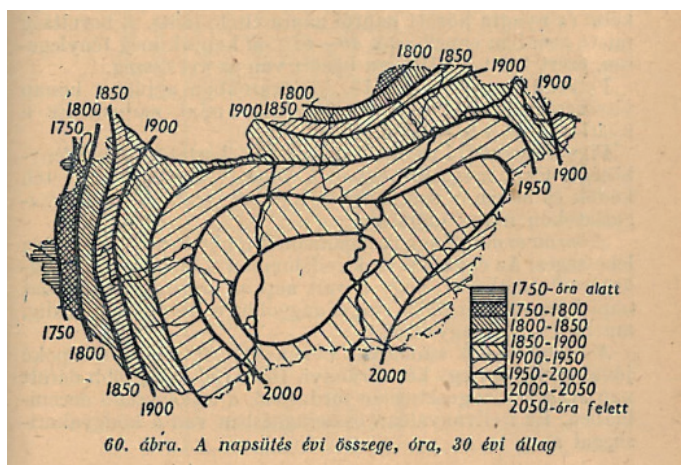
A globálisugárzás esetén külön szót érdemel a mértékegységek használata. A térképek összehasonlításának elősegítésére a mértékegységek értelmezését, használatát az 1. sz. melléklet összegzi, a térképek eltérő mértékegységei közti átváltást a 2. táblázat segíti.

	Kcal/cm ² x év	MJ/m ² x év	KWh/m ² x év
Kcal/cm ² x év	1	41,868	11,63
MJ/m ² x év	0,023	1	0,277
KWh/m ² x év	0,086	3,600	1

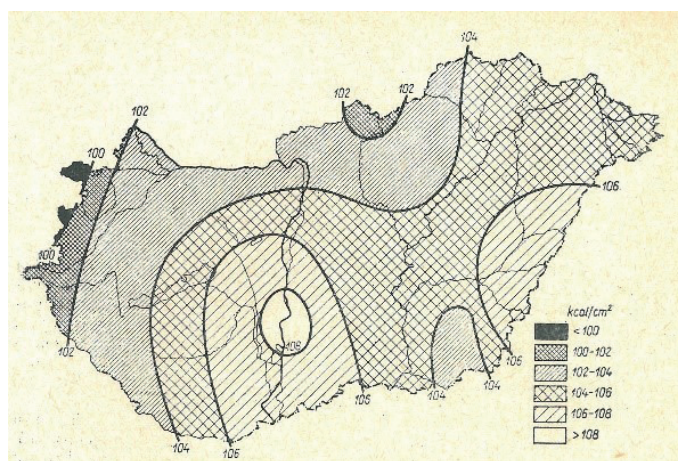
2. táblázat. A térképeken szereplő mértékegységek átszámítása.

Sokévi átlag térképek kronológiája. A korabeli nemzetközi ajánlásoknak megfelelően az első magyarországi harminc éves „normál”, az 1901–30 időszakra vonatkozó napfénytartam térkép, amely (1. ábra, bal) Bacsó et al. (1953) munkájában, a besugárzás térkép pedig Bacsó (1959) Magyarország Éghajlata című könyvében látható. A 30 éves átlag térképek a korabeli középiskolák számára készült atlaszokba is bekerültek (Takács, 1970), valamint Péczely (1976) könyvében is megjelent.

Az 1. ábra szerint Magyarországon a csillagászatilag lehetséges napsütéses órák évi összege 4450 óra. A felhőzet és a légköri átbocsátás elnyelése, visszaverése miatt azonban ennek csak kb. 40–45%-át kapjuk ténylegesen, a mért évi



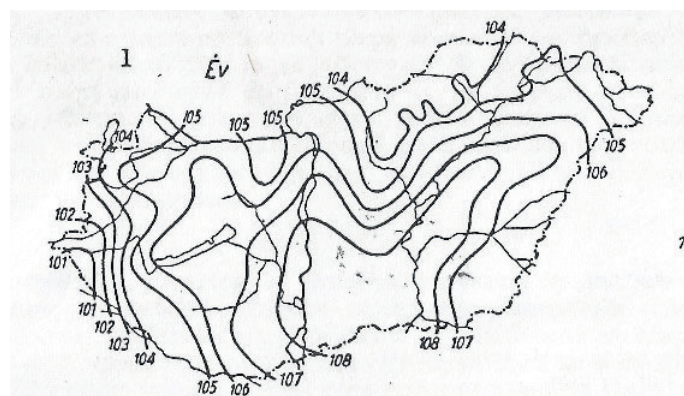
60. ábra. A napsütés évi összege, óra, 30 évi átlag



1. ábra. (bal) A napsütés (óra) évi összegének területi eloszlása, 30 évi átlag (1901–30) (Bacsó et al., 1953), (jobb) A besugárzás ($Kcal/cm^2\text{év}$) évi összegének területi eloszlása, 30 évi átlag (1901–30) (Bacsó, 1959).

összeg 1800–2100 óra. Bacsó szerint az ország csekély észak déli kiterjedésű területe következtében az elméletileg lehetséges napsütés évi összege a földrajzi szélesség szerint csak „jelentéktelen különbséget mutat”. A napsütés tartamát legnagyobb mértékben befolyásoló tényező a felhőzet. Az ország medence fekvése miatt egyes részei naposabbak, mint Közép- és Kelet-Európa azonos szélességű tájai.

Az 1901–50-es időszak globálisugárzás területi eloszlásának térképét (2. ábra) Dobosi és Takács (1959) szerkesztette meg Magyarország első Éghajlati Atlasza számára (Bognár et al., 1960). Az ábrákhoz az alapot mindössze 2 mérőállomás 50 évet lefedő napfénytartam adatai, valamint 39 állomás 10 évi méréseiből „különbségek módszerével” előállított adatok képezték. A fél évszázad globálisugárzás átlagos évi összeg térképei 45 állomás adataiból készültek, melyek közt csak néhány közvetlen sugárzás regisztrátum szerepelt, a többit a napfénytartamból számították át a Dobosi (1957) által meghatározott regressziós együtthatók segítségével (Takács, 1958).

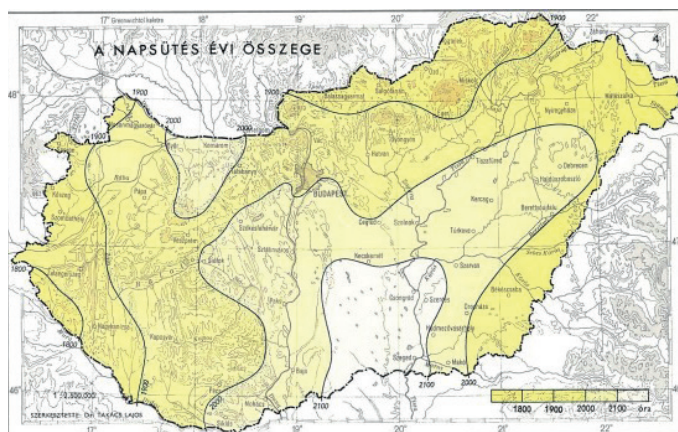


2. ábra. A besugárzás ($Kcal/cm^2\text{év}$) évi összegének területi eloszlása, 50 évi átlag (1901–50) (Dobosi és Takács, 1959).

A napsütés évi összegeinek területi eloszlását ábrázoló fél évszázados elemzés szerint a sugárzásban leggazdagabb a Duna-Tisza köze déli fele 2050-nél nagyobb órászámmal, valamint keleten Debrecen és Békéscsaba térsége. A maximum 2114 óra Mezőhegyesen adódott, a minimum Sopron, Szentgotthárd, Lenti, valamint Salgótarján környékén

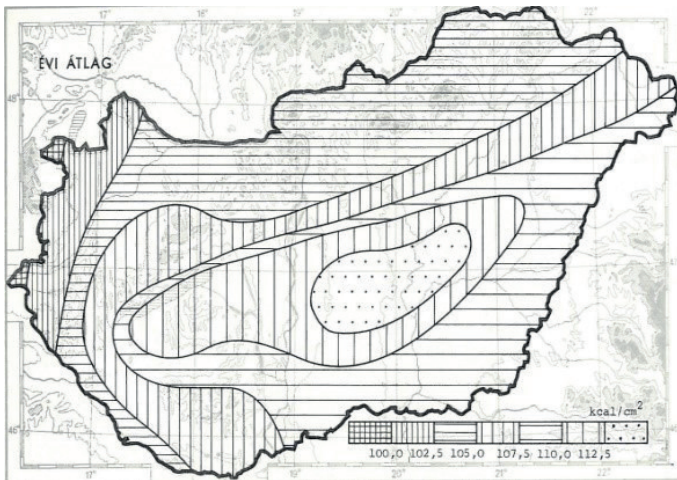
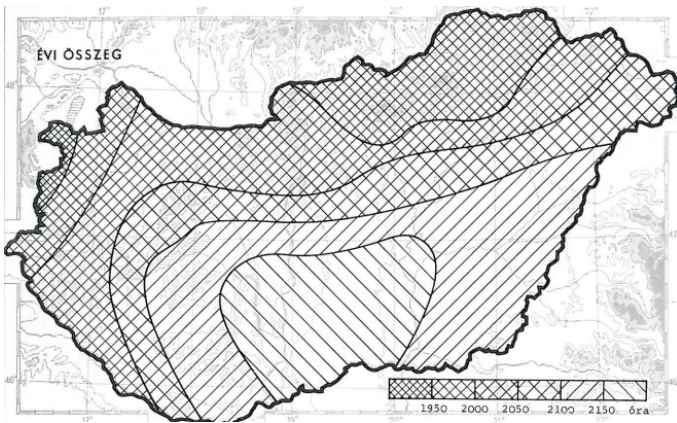
látható, a legkisebb értéket 1745 órát Szombathely vízműnél mérték. Az azonos napfénytartamú helyeket összekötő ún. izohélioszok alakja – főleg a maximumokat illetően – eltér a 30 éves átlagokétól.

A globálisugárzás évi összege (3. ábra) Dobosi és Takács (1959) szerint országos átlagban 100–108 $kcal/cm^2$ között alakult, Bacsónál 90–110 cal/cm^2 , a korabeli világtalasz pedig 100–120 cal/cm^2 értékeket mutat Magyarország területére.



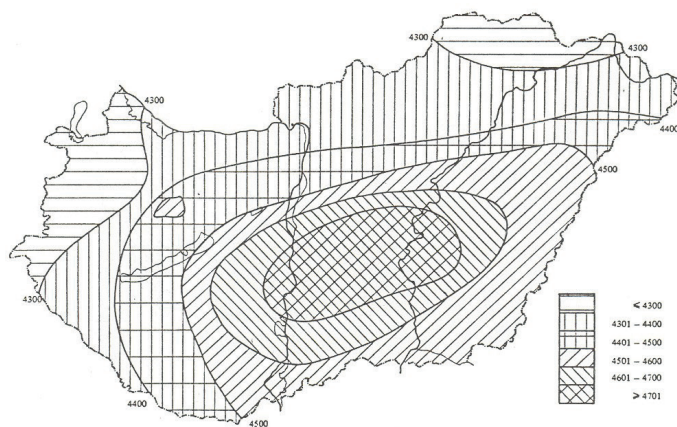
3. ábra. A napsütés (óra) évi összegének területi eloszlása, 50 évi átlag (1901–50) Magyarország Éghajlati Atlasza.

A tárgyban a legrészletesebb elemzés „A napenergia hasznosítás meteorológiai megalapozása” című OMSZ kiadványban jelent meg (szerk. Major, 1985). A kutatás keretében az 1958 és 1972 közötti időszak sugárzásméréseit dolgozták fel (4. ábra): havi, évi területi eloszlás térképeket készítettek, gyakorisági eloszlásokat táblázatos formában adták meg. A munka célja a mezőgazdaság, a vízgazdálkodás, a gyógyturizmus és az épületgépészet kiszolgálása volt. A napfénytartam évi összegeit bemutató térképek 33 állomás méréseiből származtak, a globálisugárzás feldolgozása pedig 13 állomás adatain alapult. A területi eloszlást illetően az ábrákon a maximum helye eltérő. Míg az 1901–30-as térképeken a szoláris hatás következtében a zonális eloszlás dominál, addig más verziókban a maximumot az ország közepén látható foltszerű terület jellemzi.



4. ábra. (fenn) A napsütés (óra) évi összegének területi eloszlása, 15 évi átlag (1958-72) (Major, 1985), (lenn) a globálsugárzás (kcal/cm²év) évi összegének területi eloszlása, 15 évi átlag (1958-72) (Major, 1985).

Az OMSZ-nál a számítógépes éghajlati adatfeldolgozás és archiválás 1979-ben kezdődött, azt megelőzően minden számítás és rajz aprólékos munkával, kézzel készült (5. ábra, Dávid et al., 1990). Az 1951-80-as térkép 44 éghajlati állomás adatát használta fel, a hiányzó adatokat napfénytartamból számolták át.



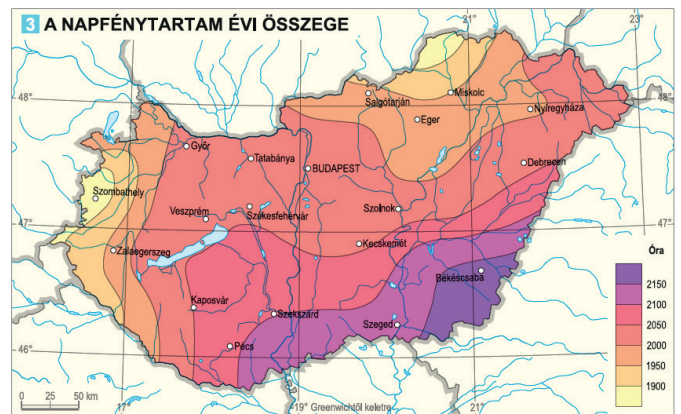
5. ábra. A globálsugárzás évi összegeinek területi eloszlása 1951-80 időszakra MJ/m²-ben (Dávid et al., 1990).

Magyarország éghajlati atlasza (Mersich et al., 2003) szerint 1961–90 időszakban a napfénytartam évi összege 1750–2050 óra között változott. Maximumát a déli,

minimumát a nyugati és északkeleti országrészben érte el. A téli időszakban Kékestetőt kiemelkedően magas értékek jellemezték.

Az 1961–2010-es időszak havi napfénytartam és globálsugárzás homogenizált, interpolált adatsorait a CarpatClim (2021) projekt keretében készítette el az Éghajlati Osztály. A globálsugárzás idősorokat a felszíni napfénytartam adatokból származtatták az Angström, Prescott formulákkal (CarpatClim, 2013). Az adatok homogenizálása a MASH-el (Szentimrey, 2006, 2008), az interpolálás pedig MISH (Szentimrey és Bihari, 2007) eljárással történt.

A Nemzeti Atlasz (6. ábra) szerint a napsütéses órák évi száma 1900 és 2100 óra között váltakozik, térbeli eloszlásban északnyugat délkelet irányú növekedés figyelhető meg. A honlapon megtekinthető globálsugárzás térkép a 2000–2009-es évek összege (OMSZ, 2021c). A legalacsonyabb 4300 MJ/m² alatti értékek az Északi-középhegységben, a 4900 MJ/m²-et meghaladó maximum a Tiszántúli déli területein, Szeged térségében fordulnak elő.

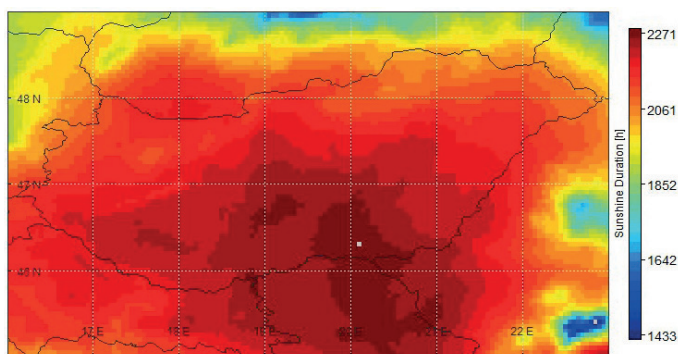


6. ábra. A napsütéses órák évi összege 1981–2010 (fejezetszerk. Bihari Z., 2018).

Műholdas adatok és eszközök. A távérzékelési eszközök nagy időbeli és térbeli felbontású mérései napjainkra a sugárzás adatok fő forrásaiává váltak. Az első meteorológiai információkat sugárzó műholdat 1959-ben lötték fel. Három évvel később az OMSZ-nál elkezdődött az amerikai TIROS műhold felhőanalízis-térképeinek a vizsgálata, 1968-tól pedig rendszeressé vált az akkoriban még fekete-fehér műholdképek telefaxon történő vétele (Kaba, 1972). A Műholdas Sugárzási Osztály Major György vezetésével 1974-ben alakult, feladatuk a műholdas sugárzásmérésekből légköri állapotjelzők leszármaztatása és a sugárzási egyenleg meghatározása volt (Tänzer, 1974). Magyarország a meteorológiai műholdak hasznosításáért felelős európai szervezet (EUMETSAT) társult tagjaként 1991-től hozzájutott a geostacionárius Meteosat műholdak napi 3 felvételéhez. Éghajlati elemzések számára akkoriban nem voltak még elegendően hosszú adatsorok. Eljárások hiányában Rimócziné Paál Anikó és munkatársai (1981, 2001) empirikus módszert dolgoztak ki: az 1992 és 1996 közötti 8 óránként rendelkezésre álló felvételekből kiszámolták hazánk területére a sugárzásmérleg komponenseit, köztük a globálsugárzást (Rimócziné-Paál et al., 1999). Az 1961–90-es Magyarország Éghajlati Atlaszban

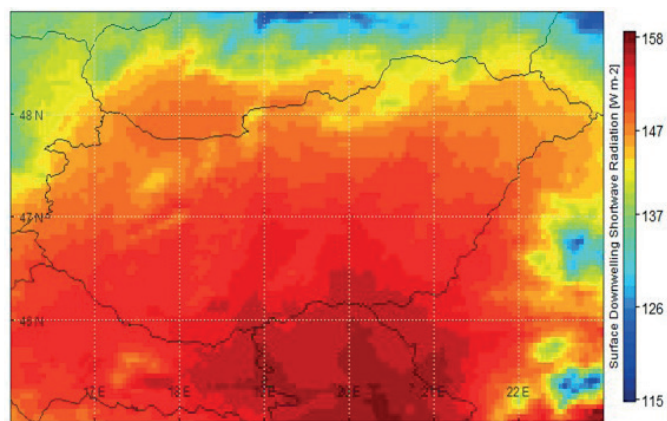
(Mersich et al, 2003) a műholdas adatok alapján készült globálsugárzás térképek néhány év átlagát tükrözik (pl. éves térkép 1997–1998).

Az EUMETSAT Éghajlati Munkacsoportja (CM SAF; <https://www.cmsaf.eu/>) 1999-ben kezdte meg működését azzal a küldetéssel, hogy éghajlatváltozás vizsgálatára alkalmas magas minőségű adatbázisokat állítson elő, vala mint a publikus adatok elemzéséhez eljárásokat fejleszsen (Dobi és Kerényi, 2014). A 36 ezer km magasságban keringő Meteosat műholdak nyers méréseit bonyolult korrekciókkal pontosítják. A kalibrációs és homogenizálási eljárásokhoz a globális sugárzásmérő hálózatok állomásainak nagy pontosságú felszíni méréseit alkalmazzák. A szabad felhasználású adatok és feldolgozó szoftverek segítségével (CM SAF, 2021a) térben és időben nagy felbontású térképeket és statisztikákat tömegével lehet előállítani, ill. adatokat nyerni olyan helyeken is, ahol nincs felszíni mérés. A Munkacsoport célzottan a napenergia felhasználók számára készített sugárzási adatbázis „családokat” (pl. CLARA, SARAH).



7. ábra. A napsütéses órák (SDU) éves összegének 35 évi átlaga (1983-2017).

A SARAH verziói 1983-tól folyamatosan frissülve tartalmazza hatféle sugárzás paraméter órás, napi, havi értékeit 5 km * 5 km területi felbontásban. Illusztrációként a 7. ábrán a legfrissebb adatbázis, a SARAH 2.1 éves napsütéses órák (SDU) összegek 1983-2017 időszakra vonatkozó átlaga látható. A napsütéses órákat a rövidhullámú beérkező sugárzásból (SIS) számolják azokra

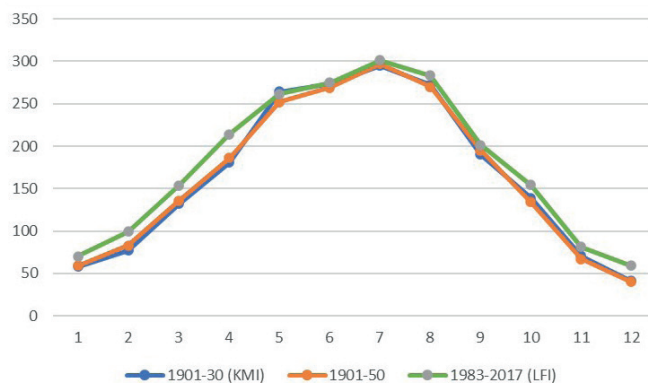


8. ábra. A globálsugárzás (SIS) átlagos területi eloszlása (1983-2017).

az időszakokra, amikor a besugárzás erőssége meghaladja a 120 W/m²-t. Ez az eljárás alkalmas a felszíni üveggömbös mérések kiváltására. Ellenőrzésként hat hazai állomás felszíni napfénytartam adatait hasonlítottuk össze a mérőhelyeket lefedő műholdas SDU pixel adatokkal. A korreláció értéke 0,98, az átlagos abszolút eltérés (MAD) évi összegnél 16,14 óra. A globálsugárzás (SIS) sokévi átlagai (8. ábra) a havi adatok átlagolásával készültek. A SIS paraméter átlagos abszolút eltérése (MAD) a nemzetközi sugárzásmérő hálózat felszíni adataihoz viszonyítva 5 W/m².

A műholdas és felszíni adatok kombinálásával tovább növelhető a pontosság. Az Éghajlati Osztályon folyó fejlesztés keretében a 2000 óta 37 felszíni sugárzásmérő állomáson mért adatok MISH eljárással végzett interpolációja során, a fent ismertetett (SIS) műholdas adatokat, mint háttér információt használják fel. Ezáltal a méréssel nem rendelkező helyekre a globálsugárzás becslések hibája jelentősen csökkenthető (Hoffmann et al., 2019).

A 9. ábra a hosszú időszak alatt bekövetkezett változásokat kívánja érzékeltetni. A múlt századi publikációk (1901–30 és 1901–50) táblázataiból vett sokéves havi napfénytartam átlagokat az 1883–2017 felszíni mérések havi átlagaival együtt mutatja. A görbéken szembevető a tavaszi hónapok naposabbá válása. Globálsugárzás esetén a leghosszabb korrigált adatsort Budapestre Nagy Zoltán (2005) állította elő. Vizsgálata szerint az 1936 és 2004 közötti időszak emelkedést mutat. Magyarországra az 1983-2005 időszakra vonatkozó felszíni klíma adatok alapján Bartók Blanka (2013) pozitív trend jellegű változást talált, azonban a műhold adatok nem igazolták ezt a tendenciát.



9. ábra. Havi napfénytartam átlagok összehasonlítása különböző időszakokra.

Összegzés. A napsugárzás éves térbeli eloszlása az alapvető éghajlati ismeretek közé tartozik. A bemutatott ábrák közül valamelyik sugárzást jellemző térképpel mindenki találkozhatott tanulmányai során. A fenti kronológiai áttekintés a teljesség igénye nélkül ad képet a hazai napfénytartam és globálsugárzás sokévi átlag térképek sorozatairól.

A bemutatott ábrákon az időbeli változás nem szignifikáns, a térbeli eloszlás viszont a maximumok elhelyezkedésében eltérést mutat. Mindkét vizsgált változó sokévi műholdas

térképei a déli országrészre teszik a maximumokat. A térbeli különbségek meghatározó oka a felhőzet sugárzásmódosító hatása, amely összefüggést már a XIX. században Berde Aron (1847) felismerte. Azóta a légkörben felhalmozódó légszennyező anyagok hatása szintén az eloszlás fontos alakító tényezőjévé vált.

A műholdak mérései lehetővé teszik a légköri sugárzás-mérleg összes komponensének nagy időbeli és térbeli felbontású folyamatos monitoringját. Az EUMETSAT CM SAF adatai és az adatfeldolgozást biztosító eszközök publikusan hozzáférhetőek, ezáltal a felhasználó 30 évnél hosszabb, tetszőleges időszakra is elő tud állítani különféle statisztikákat, térképeket. Napjainkban az EUMETSAT klíma adatainak és szolgáltatásainak fókuszában a napenergia szektor kiszolgálására irányuló fejlesztések állnak. Ezt bizonyítja, hogy az EUMETSAT éghajlati munkacsoportjának 18 alkalmazás fejlesztése (CM SAF, 2021b) közül 12 közvetlenül a sugárzás adatokra alapozott feldolgozás. A napenergiával foglalkozó számos európai honlapon (SolarGIS, JRC, Copernicus, 2021) található Magyarországról Meteosat adatok felhasználásával készített térképek, ami érzékelteti a műholdas sugárzás információk szerepének növekedését és az éghajlati szolgáltatások globalizálódását.

Köszönetnyilvánítás. A felhasznált műholdas sugárzási adatbázis az EUMETSAT CM SAF Munkacsoportjának (www.cmsaf.eu) köszönhető. Külön szeretném hálámat kifejezni Steffen Kothe fejlesztőnek, valamint Tölgyesiné Puskás Mártának, az OMSZ könyvtár archív anyagainak feldolgozásában nyújtott segítségével.

Irodalom

- Ångström, A., 1924: Solar and terrestrial radiation. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 50, 121–125.
- Bacsó, N., 1959: Magyarország éghajlata. Akadémiai kiadó, Budapest.
- Bacsó, N., Kakas, J. és Takács, L., 1953: Magyarország Éghajlata. Országos Meteorológiai Intézet Hivatalos Kiadványa. XVII.
- Bartók, B., 2013: A globálisugárzás változásai Európában. PhD értekezés
- Berde, Á., 1847: Légtüneménytan s a két Magyarhon égaljviszonyai s ezek befolyása a növényekre és állatokra. Kolozsvár.
- Bihari Z., Babolcsai Gy., Bartholy J., Ferenczi Z., Gerhátné Kerényi J., Haszpra L., Homokiné Ujváry K., Kovács T., Lakatos M., Németh A., Pongrácz R., Putsay M., Szabó P. és Szépszó G., 2018: V. Éghajlat. In: (főszerk.: Kocsis K.) Magyarország nemzeti atlasza: természeti környezet. MTA CsFK Földrajztudományi Intézet, Budapest. 58–69. <https://www.nemzetiatlasz.hu/MNA/2.html>
- Bognár, G., Boros Á. és Láng S. (szerk.), 1960: Magyarország Éghajlati Atlasza (1901–50), Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Bucsy J., 1942: Sugárzásmegfigyelések Ógyallán 1939–1942. Az Orsz. Met. Int. Évkönyvei II., 5–10.
- Dobi I., 2006: Széltérképek összehasonlítása. Magyarország szél és napenergia kutatás eredményei. OMSZ, Budapest, 113–126.
- Dobi I. és Kerényi J., 2014: Az EUMETSAT éghajlat-megfigyelő munkacsoportjának (CM SAF) tevékenysége és alkalmazásai. *Léggör* 59, 154–157.
- Dávid A., Takács O. és Tiringer Cs., 1990: A sugárzási egyenleg eloszlása Magyarországon az 1951–1980-as időszak adatai alapján, OMSZ Kisebbségi Kiadványai 66.
- Dobosi Z., 1957: A napfénytartam és a globálisugárzás összefüggése Magyarországon. *Időjárás* 61, 347–356.
- Dobosi Z. és Takács L., 1959: A globálisugárzás területi eloszlása Magyarországon. *Időjárás* 63, 82–84.
- Dunkel Z., 2017: A magyarországi klímaváltozás nyomon követése a hőmérsékleti térképek alapján. *Léggör* 62, 194–200.
- Farkasné Takács O., 1974: A globálisugárzás területi eloszlása Magyarországon mért adatok alapján. OMSZ Beszámoló az 1971-ben végzett tudományos kutatásokról. 251–256.
- Hoffmann, L., Izsák B., Kircsi A., Szentimrey T. és Bihari Z., 2019: A globálisugárzás adatok interpolációja műholdas adatok felhasználásával. In (Szerk.: Lakatos M.) 45. Meteorológiai Tudományos Napok, 2019. november 14-15. Értéktérítés meteorológiai információkkal. Az előadások összefoglalói. OMSZ, Budapest. 12. https://www.met.hu/downloads.php?fn=/doc/rendezvenyek/metnapok-2019/thursday/04_Hoffmann_Lilla.pdf
- Kaba M., 1972: Sugárzási mezők kutatása meteorológiai műholdak méréseiből. *Időjárás* 76, 160–174.
- Kakas J., 1960: Magyarország Éghajlati Atlasza. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Major Gy., 1973: A hazai sugárzásmérő hálózat múltja és jövője. *Időjárás* 77, 371–373.
- Major Gy., 1976: A napsugárzás Magyarországon 1958–1972. OMSZ Hivatalos Kiadványai Magyarország Éghajlata 10, Budapest.
- Major Gy., 1978: Az új sugárzási skála és a világ sugárzási adatainak egységesítése. *Időjárás* 4, 230–232.
- Major Gy., 1981: A meteorológia szerepe a napenergia-hasznosításában és kutatásában. *Léggör* 26, 2 sz, 19–21.
- Major Gy., 1985: A napenergia hasznosítás meteorológiai megalapozása Magyarországon. ÉTI, Budapest.
- Mersich I., Práger T., Ambrózy P., Hunkár M., és Dunkel Z., 2003: Magyarország éghajlati atlasza. OMSZ, Budapest.
- Menyhárt L., 2016: Piranométer hibás szintezésének hatása a globálisugárzás mért értékére és a hiba detektálásának lehetőségei. PhD dolgozat.
- Mészáros R., 2013: Meteorológiai műszerek és mérőrendszerek. <https://ttk.elte.hu/dstore/document/886/book.pdf>
- Nagy Z., 2005: Budapest globálisugárzási adatsora 1936–2004, *Léggör* 50, 4, 2–7.
- Nagy Z., 2014: Napfénytartam globálisugárzási adatokból történő számításának módszertana. *Léggör* 59, 175–177.
- Paál A., 1981: A globálisugárzás meghatározása műholdképek alapján. *Időjárás* 85, 27–32.
- Paál A., 1986: A felszínre érkező napsugárzás meghatározása műholdképek alapján. Kandidátusi értekezés.
- Szentimrey T., 2006: Development of MASH homogenization procedure for daily data. Proceedings of the Fifth Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases, Budapest, Hungary.

- Szentimrey T., 2008: Development of MASH homogenization procedure for daily data. In: Proceedings of the Fifth Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases, Budapest, Hungary, 2006. WCDMP-No. 71, WMO/TD-No. 1493, 123–130.
- Szentimrey T. és Bihari, Z., 2007: MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis). In: (eds. Tveito, E., Wegehenkel, M., Wel, F., Dobesch, H.) COST Action 719 Final Report, The use of GIS in climatology and meteorology, 54–56.
- Takács L., 1965: A tejes besugárzás 25 évi homogén adatainak Budapestben. *Időjárás* 69, 347–357.
- Takács L., 1958: A regisztrált napsütés átszámítása eszményi horizontra. *Időjárás* 62, 259.
- Takács L., 1970: A sugárzáséghajlat kutatásának története Magyarországon. Fejezetek a Magyar Meteorológia történetéből 1870-1970. OMSZ, Budapest.
- Tánczer T., 2014: A műhold-meteorológia hazai története (1955–1990). *Léggör* 59, 4–12.
- Tóth R., 2014: A napfénytartammérő élt 160 évet. *Léggör* 59, 178–180.

Internet források

- CarpatClim, 2013: Deliverable D2.10 Annex 2 <http://www.carpatclim-eu.org/pages/deliverables/>
- CarpatClim, 2021: <http://www.carpatclim-eu.org/>
- CM SAF, 2021a: <https://wui.cmsaf.eu/>
- CM SAF, 2021b: https://www.cmsaf.eu/EN/Outreach/Applications/Applications_node.html
- Copernicus, 2021: <https://climate.copernicus.eu/operational-service-energy-sector>
- JRC, 2021: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index.html
- OMSZ, 2021a: https://odp.met.hu/climate/homogenized_data/gridded_data_series/from_2001/global_radiation_sum/
- OMSZ, 2021b: <https://www.met.hu/idojaras/agrometeorologia/napfenytartam/>
- OMSZ, 2021c): https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/sugarzas/SARAH-2.1 Validation Report: https://www.cmsaf.eu/SharedDocs/Literatur/document/2019/saf_cm_dwd_val_meteosat_hel_sarah_2_3_pdf?__blob=publicationFile
- SolarGIS, 2021: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/hungary>

1.sz. Melléklet Globálsugárzás mértékegységek

A felszín közelében mért globálsugárzás adatokat kezdetben cal/cm²-ben, a származtatott adatok (pl. havi, évi összegeket) Kcal/cm²-ben számolták. Az SI mértékegységekre a 70-es évek végén tért át az intézmény (Major, 1978). Azóta a meteorológiai felszíni sugárzásmérések W/m²-ben, az összegek jellemzően J/cm²-ben ill. MJ/m²-ben vannak megadva.

A két mértékegység eltérő fizikai jelentést hordoz. A mérés (W/m²) a Naptól a (vízszintes) felületre érkező „pillanatnyi” teljesítmény értékét adja meg. A „pillanatnyi” a gyakorlatban nem értelmezhető mennyiség, ezért közelítő értéket használunk, amit megállapodás szerint az automata műszerek 2 perces méréseiből 10 percre képezett átlagok szolgáltatnak. Ezt tekintjük alap vagy „nyers” adatnak, melyek automatikusan bekerül az OMSZ INDA adatbázisába.

A származtatott adatok mind energia jellegű mennyiségek, melyek a teljesítmény és a másodpercben (!) számított idő szorzataként állnak elő. Az órás, napi stb. összegek az időegység (óra, nap stb.) alatt az egységnyi felszínre beérkező sugárzási energiát adják meg Joule-ban. (1 Joule = 1 Watt x 1 sec.)

A műholdas adatbázisokból lekérhető sugárzás adatok sugárzási áramsűrűséget (teljesítményt) adnak meg W/m² egységben, mely lehet pillanatnyi vagy időbeli átlag érték (órási, napi, havi, éves). A műszaki publikációkban – a napenergia alkalmazások elterjedésével összefüggésben – a felszíni adatoknál használatos napi, havi, évi összegeket (energiát) az idővel felszorozva KWh/m² mértékegységben

	Kcal/cm ² x év	MJ/m ² x év	KWh/m ² x év
Kcal/cm ² x év	1	41,868	11,63
MJ/m ² x év	0,023	1	0,277
KWh/m ² x év	0,086	3,600	1

1. táblázat. A térképeken szereplő mértékegységek átszámítása.

használik, a felhasználók igényeinek megfelelően.

Felhasznált összefüggések:

$$1 \text{ J} = 0,2388 \text{ cal}$$

$$1 \text{ MJ} = 238,8459 \text{ Kcal}$$

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

$$1 \text{ h} = 3600 \text{ s (idő intervallumokkal másodpercekben számolunk)}$$

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$$

$$1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$$

$$1 \text{ MJ} = 0,2777 \text{ KWh}$$

KITERJEDT, GYORS ÉS EGYRE INTENZÍVEBB AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS AZ IPCC 6. ÉRTÉKELŐ JELENTÉSE SZERINT

EXTENSIVE, RAPID AND INTENSIFYING CLIMATE CHANGE IS REPORTED IN THE 6TH IPCC ASSESSMENT REPORT

Lakatos Mónika

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1., lakatos.m@met.hu

Az IPCC 6. értékelő jelentésének (AR6) a klímaváltozással kapcsolatos szakmai eredményeket összegző első részét 2021. augusztus 6-án hagyta jóvá az ENSZ 195 tagállama. A jelentés szerint az éghajlat megváltozása már minden régióban és az egész klímarendszerben megfigyelhető. Az éghajlati változások zöme példátlan az elmúlt ezer-százezer évben, és egy részük nem fordítható vissza néhány évtized alatt.



A szén-dioxid és más üvegházhatású gázok kibocsátásának erőteljes és tartós csökkentése azonban korlátok közé szoríthatná az éghajlatváltozást. A levegőminőség javulása gyorsan jelentkezne, de a globális átlaghőmérséklet stabilizálásához legalább 20–30 évre lenne szükség.

Gyorsabb a melegedés a vártnál. A jelentés többek között új becsléseket tartalmaz arra vonatkozóan, hogy mekkora eséllyel lépi át a következő évtizedekben a 1,5 °C-ot a felmelegedés mértéke. Megállapítja továbbá, hogy amennyiben nem történik azonnali, gyors és nagymértékű csökkentés az üvegházhatású gázok kibocsátásában, akkor nem csak a 1,5 °C-ot, de a 2 °C-ot is meg fogja haladni a hőmérséklet emelkedés.

A jelentésből kiderül, hogy az emberi tevékenységekből származó üvegházhatású gázok kibocsátása felelős az 1850–1900 időszakhoz képest jelenleg megközelítőleg 1,1 °C-os felmelegedésért. Megállapítja azt is, hogy a következő 20 év átlagában a globális átlaghőmérséklet növekedése várhatóan eléri vagy meg is haladja a 1,5 °C-ot. Az előző jelentés óta bővültek a felmelegedés vizsgálatára szolgáló megfigyelési adatbázisok, valamint az ember általi kibocsátás szerepének tudományos megértésében is komoly előrelépés történt.

Minden régióban egyre nagyobb változásokkal kell megküzdeni. Az éghajlatváltozás a hőmérsékleti, csapadék- és szélviszonyokra, a hó és a jég területi és időbeli eloszlására, valamint az óceánok és part menti területek állapotára is hatással van:

- A 1,5 °C-os globális melegedés fokozódó hőhullámokkal, hosszabb meleg és rövidebb hideg évszakokkal jár majd, míg a 2 °C-os melegedést kísérő szélsőségek gyakrabban érik el a mezőgazdaság és az egészségügy kritikus tőrési küszöbét.

- Az éghajlatváltozás fel fogja erősíteni a víz körforgását, intenzívebb csapadékot, árvizeket, komoly aszályt okoz sok régióban.
- A magasabb szélességeken valószínűleg nőni, míg a szubtrópusi területek nagy részén csökkenni fog a csapadék mennyisége.
- Az alacsonyan fekvő part menti területeken a folyamatosan emelkedő tengerszint miatt gyakoribb és súlyosabb part menti árvizek léphetnek majd fel és nőhet a part eróziója. A század végére évente történhetnek olyan áradások, amelyek korábban 100 évente egyszer fordultak elő.
- A felmelegedés fokozza majd a korábban állandóan fagyott (permafroszt) területek, a gleccserek és a jégta- karó olvadását, a szezonális hótakaró csökkenését, valamint a nyári sarkvidéki tengeri jégvesztést.
- Az óceán melegedése, savasodása, a csökkent oxigénszint egyértelműen összefüggnek az emberi tevékenységgel.
- Mivel a városi területek általában melegebbek a környezetüknél, az éghajlatváltozás egyes hatásai itt felerősödhetnek. Az intenzív csapadékhullás árvizeket válthat ki, illetve a tengerparti városokban a tengerszint-emelkedés is fokozza azok hatását.
- A változások a 21. században végig folytatódni fognak, s befolyással lesznek mind a szárazföldi és az óceáni ökoszisztémákra, mind az ezeken alapuló emberi tevékenységre.

A hatodik értékelő jelentés részletes betekintést nyújt a regionális változásokba is, támogatva ezzel a helyi szintű kockázatelemzést, az alkalmazkodást és a döntéshozatali folyamatokat. A regionális információk kinyerhetők az újonnan kifejlesztett Interaktív Atlaszból, valamint a jelentés részét képező regionális értékelésekből és a technikai összefoglalóból.

Az IPCC AR6 I. munkacsoportjának jelentése 66 országból 234 szerző, 31 koordináló szerző, 167 vezető szerző, 36 bíráló szerkesztő, 517 közreműködő szerző közreműködésével; több mint 14 000 publikáció áttekintésével; összesen 78 007 szakértői és kormányzati észrevétel figyelembevételével készült.

Forrás: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/climate-change-widespread-rapid-and-intensifying-%E2%80%93-93-ipcc>

Az IPCC AR6 1. munkacsoportjának jelentése: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

MEGJELENT A KORMÁNYRENDELET AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLATRÓL ÉS A METEOROLÓGIAI TEVÉKENYSÉGRŐL

THE GOVERNMENT DECREE ON THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE AND METEOROLOGICAL ACTIVITY HAS BEEN PUBLISHED

Szabó Dorottya

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1., szabo.d@met.hu

Összefoglalás. 2021. január elsejétől az Országos Meteorológiai Szolgálat bevezette a nyílt meteorológiai adatpolitikát. Ettől a naptól kezdve egy központi adatbázisban, a Meteorológiai Adattárban elérhetővé váltak a mérési alapadatok, illetve előrejelzések. Többek között ennek szabályozását tartalmazza a június végén megjelent kormányrendelet.

A 2021-es év legfontosabb eseménye a nyílt meteorológiai adatpolitika bevezetése volt. Magyarország Kormányának támogatásával 2021. január 1-től elérhetővé vált a Meteorológiai Adattár (odp.met.hu), melynek adatgazda-feladatait az Országos Meteorológiai Szolgálat látja el. A nemzeti meteorológiai adatbázisban megtalálható meteorológiai adatok és információk ingyenesen és szabadon felhasználhatók, ugyanakkor a hozzáadott értékkel rendelkező szolgáltatásokért a továbbiakban is fizetni kell, a hozzáadott érték előállításának költségkeretéig.

Az adattár folyamatosan bővül. Az OMSZ rendelkezésre bocsátja megfigyelési és mérési adatait, az OMSZ által futtatott modellek előrejelzéseit, egyéb időjárási és éghajlati információit. Az adatok, információk folyamatosan frissülnek, miután befejeződtek a szükséges – az OMSZ minőségirányítási rendszere által előírt – adatellenőrzések, utófeldolgozások. A januári indulás alkalmával egyelőre az újévtől kezdődően voltak elérhetőek a mérési és előrejelzési adatok, amelyek a következőkben fokozatosan egyre nagyobb időszakot ölelnek fel. Egyes állomások adatsorai már 1901-től elérhetőek.

Az adatbázis könnyebb megértését az oldal szintjeit tartalmazó ágrajz, valamint a különböző mérési adatok és információk mappájában az adatsorok formátumáról, tartalmáról, nevééről szóló rövid ismertető leírás is segíti az értelmezést és felhasználást.

Ugyanakkor a kormányrendelet egyéb, az Országos Meteorológiai Szolgálat működését befolyásoló tényezőre is kitér. Többek között meghatározza, hogy meteorológiai veszélyjelzést és riasztást kizárólag az OMSZ adhat ki,

amely kiadásának és visszavonásainak feltételrendszerét az OMSZ határozza meg, figyelembe véve a Meteorológiai Világszervezet (WMO) ajánlásait. A kiadott figyelmeztető előrejelzések és riasztások az OMSZ weboldalán (www.met.hu) mindenki számára elérhetőek.

Emellett a kormányrendelet azt is rögzíti, hogy 2022. január 1-től Magyarország teljes légterében a polgári célú repülések számára szükséges repülésmeteorológiai szolgáltatásokat egyedüli, kijelölt léginavigációs szolgáltatóként – beleértve a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér teljes körű repülésmeteorológiai kiszolgáltatását is – az Országos Meteorológiai Szolgálat végzi. Azaz az OMSZ hatáskörébe tartozik ezentúl Magyarország légterében a polgári célú meteorológiai megfigyelőállomás (MWO), a repülőtéri meteorológiai iroda (AMO) és a légiforgalmi meteorológiai állomás (AMS) funkciók ellátása is.

A rendelet egy másik fontos szabálya, hogy meghatározza azok körét, akik meteorológiai szolgáltatási tevékenységet folytathatnak. Ezek alapján csak okleveles meteorológus végzettséggel rendelkező személyek számára engedélyezett a meteorológiai szolgáltatási tevékenység, illetve gazdálkodó szervezet esetén a szervezet köteles okleveles meteorológus végzettséggel rendelkező személyt foglalkoztatni, vagy munkavégzésre irányuló egyéb jogviszonyban állni, amennyiben ilyen jellegű tevékenységet is végez.

A Kormány 353/2021. (VI. 24.) Korm. rendelete az Országos Meteorológiai Szolgálatról és a meteorológiai tevékenységről a Magyar Közlöny 2021. évi 119. számának hasábjain jelent meg.



Meteorológiai Adattár

Name	Last modified	Size	Description
climate/	2022-01-01 09:59	-	Éghajlati adatok
weather/	2021-04-01 11:22	-	Időjárási adatok és információk
ODP_altalanos_felhasznalasi_feltetelek.pdf	2020-12-28 15:40	165K	Általános tájékoztató és felhasználási feltételek

A Meteorológiai Adattár (odp.met.hu) főoldala

150 ÉVE SZÜLETETT MARCZELL GYÖRGY, A MAGYAR MAGASLÉ GKÖR KUTATÁS MEGTEREMTŐJE

GYÖRGY MARCZELL WAS BORN 150 YEARS AGO

Baranka Györgyi

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1., baranka.gy@met.hu

Összefoglalás. Marczell György meteorológus életútjának felelevenítésekor igyekeztünk a kortársak megítélésén keresztül értékelni az általa elért, nemzetközi viszonylatban is kiemelkedőnek számító eredményeket, szakmai sikereket. Ily módon tárgyaljuk az ógyallai meteorológiai obszervatóriumban végzett sokrétű tevékenységét, amely egyszerre szolgálta a csillagászati, a meteorológiai és a földmágnességi megfigyelések tudományát. Ismertetjük a XX. század elején dinamikus fejlődésnek indult magaslégkör kutatásban alkalmazott mérési technikákat is, amelyek kidolgozásában, tovább fejlesztésében Marczell György maradandó érdemeket szerzett. A légköri folyamatok megismerése szoros nemzetközi együttműködést igényelt, amelyben tevékeny szerepet vállalt. Elméleti és műszaki tudását külföldön is elismerés övezte. Érdemeinek elismeréseképpen az Országos Meteorológia Szolgálat Budapest-pestlőrinci Aerológiai Obszervatóriuma 1971-ben, születésének centenáriumban felvette Marczell György nevét.

Abstract. When reviving the career of György Marczell, meteorologist, we tried to evaluate the results and professional successes he achieved, which were outstanding in the international context, through the judgment of his contemporaries. In this way, we discuss the multifaceted activities carried out at the meteorological observatory in Ógyalla, which simultaneously served the science of astronomical, meteorological and geomagnetic observations. We describe, how the measurement techniques used in upper air research began to develop dynamically at the beginning of the 19th century, and how György Marczell gained lasting merits in their elaboration and further development. Getting to know the atmospheric processes required close international cooperation, in which he took an active part. His theoretical and technical knowledge was also recognized abroad. In recognition of his merits, the Observatory of Aerology of Hungarian Meteorological Service in Budapest-Pestlőrinc took his name in 1971, in the centenary of his birth.

Életútjának főbb állomásai

Marczell György meteorológus életútjának felelevenítésekor olyan kordokumentumokat igyekeztünk fellelni, és e cikkben bemutatni, amelyek a kortársak és pályatársak véleményét tükrözik szakmai tevékenységéről. Mit tartottak ők említésre méltónak? Melyek voltak – az oly számos tudományterületen alkotó – Marczell eredményei, amelyeket a kortársak is kiemelkedőnek tartottak? Ezért a korabeli sajtóban fellelhető híreket, tudósításokat, MTI jelentéseket gyűjtöttük össze, amelyek főképpen 1946 februárjában jelentek meg Marczell György halálának hírére. Ezeket bővítettük ki az Időjárás folyóiratban 1943-ban publikált megemlékezéssel, melyben Réthly Antal igazgató idézi fel Marczell György karrierjét. A korabeli méltatásokból három olyan idézetet emeltünk ki, amelyek véleményünk szerint Marczell egész szakmai pályafutását jellemzik:

- „Tervei szerint épült az ógyallai m. kir. Meteorológiai és Földmágnességi Obszervatórium”, és évtizedekkel később ugyanitt „újjá szervezte a földmágnességi szolgálatot” (Réthly, 1943).
- „Ő alapította meg és fejlesztette ki a hazai magaslégkörkutatást és ezzel hervadhatatlan érdemeket szerzett a magyar repülésügy tudományos alapjainak előkészítésében.” (Réthly, 1943)
- „Külföldön is elismert nevű kiváló tudós” volt.

A fenti röviden megfogalmazott kiemelkedő tevékenységeket jelen cikkünk három fejezetében részletesen is kifejítjük. Egyúttal Marczell György alkotói korszakát meghatározó történelmi eseményeket is érintjük, valamint a korszak magaslégköri mérés-technikai eszközeit is bemutatjuk.



1. ábra. Marczell György (1871-1943) arcképe.

Ha életútjának főbb állomásait a mai önéletrajzok stílusában szeretnénk felidézni, akkor szakmai előmeneteléről az alábbi rövid összefoglalót adhatjuk. Pozsonyban született 1871-ben, a helyi reál gimnáziumban tett érettségi után a budapesti bölcsészkarra iratkozott be. 1894-től csillagászati megfigyeléseket végzett a kiskartali csillagvizsgálóban. 1900-tól 1904-ig első igazgatója volt az ógyallai Meteorológiai és Földmágnességi Intézetnek. 1904-ben került a budapesti Meteorológiai Intézetbe, ahol több évtizeden át a magaslégkör kutatással foglalkozó osztályt vezette. Az intézetnek 1927-ben igazgatója, majd 1933-ban igazgatója lett. 1934-ben vonult nyugdíjba. Nyugdíjas éveiben a földrengés megfigyelés újjáélesztésén

munkálkodott az ógyallai obszervatóriumban. Kiemelkedő képességeket mutatott a meteorológiai és a földrengési megfigyelések műszereinek működtetésében, továbbfejlesztésében. Kitüntetései: Koronás arany érdemkereszt (1900. ógyallai Meteorológiai és Földmágnességi Intézet átadásakor), Ferenc József-rend lovagkeresztje (az első világháború végén), a legfelsőbb elismerést kifejező bronzjelvény (1934. nyugállományba vonulásakor). Tagsági viszonya szervezetekben, társaságokban: a Magyar Földrajzi Társaság, a Magyar Meteorológiai Társaság és a Nemzetközi Meteorológiai Szervezet Magaslégkörkutató Bizottságának tagja.

Az ógyallai Meteorológiai és Földmágnességi Obszervatórium

Marczell György nagyívű pályafutását csillagászati megfigyelésekkel kezdte 1894-ben az Aszód mellett fekvő kiskertali csillagvizsgálóban, amelyet Podmaniczky Géza (1839–1923) 1884-ben alapított saját birtokán. Ez egyike volt a korban előszeretettel és az országban számos helyen létrehozott magán csillagvizsgálóknak, amelyek létrejöttét Konkoly-Thege Miklós csillagász is ösztönözte, és gyakran támogatta azok működését csillagászati műszerekkel is.

Konkoly-Thege Miklós – a történések különös egybeesése, hogy éppen Marczell György születésének évében – 1871-ben megalapította csillagvizsgálóját Ógyallán. Tehát az ógyallai csillagvizsgáló szintén 2021-ben ünnepelte a fennállásának 150. évfordulóját. A rendszeres meteorológiai mérések még korábról, már 1867-től kezdődően folytak az ógyallai birtokon. 1890-ben Konkoly-Thege a Meteorológiai és Földdelejtességi Intézet igazgatója lett, és célul tűzte ki, hogy Ógyalla nemcsak a csillagászati, hanem a meteorológiai és a szeizmológiai mérések otthona is legyen, és az a budapesti központi intézetnek egyfajta vidéki megfigyelő bázisaként működjön. A fejlesztéseknek köszönhetően 1900-ban átadták az ógyallai m. királyi Meteorológiai és Földmágnességi Obszervatóriumot (2. ábra). Az ünnepélyes átadásról, az érintett tudományterületekről, az intézményeinek múltjáról, azok műszaki



2. ábra. Az ógyallai (ma Hurbanovo, Szlovákia) Geomágnességi és Meteorológiai Obszervatórium épülete 2021-ben. (Ivan Dorotovic felvétele).

felszereltségéről érdekes és igen részletes beszámolót találunk a Vasárnapi Újság, 1900. 47. évf. 40. szám október 17-én kiadott számában Héjas Endre tollából.

Az obszervatórium épületének tervezésében Konkoly Thege mellett Marczell György is részt vett, aki 29 éves korára ezen intézmény első igazgatója is lett. A meteorológiai és földmágnességi obszervatórium épületének ünnepélyes átadására 1900 szeptemberében került sor. Ekkor egy emléktáblát helyeztek el az épületben a következő felirattal:

I. FERENCZ JÓZSEF MAGYARORSZÁG APOSTOLI KIRÁLYÁNAK DICSŐSÉGES URALKODÁSA ALATT, DUKA ÉS SZENTGYÖRGYVÖLGYI SZÉLL KÁLMÁN MINISZTERELNÖKSÉGE, PUSZTASZENTGYÖRGYI ÉS TETÉTLÉNI DARÁNYI IGNÁCZ FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTERSÉGE IDEJÉBEN, AMIDŐN A M. KIR. ORSZ. METEOROLÓGIAI ÉS FÖLDMÁGNÉSSÉGI INTÉZETNEK IGAZGATÓJA DR. KONKOLY THEGE MIKLÓS MINISZTERI TANÁCSOS VOLT, Dr. Konkoly Thege Miklós és Marczell György INTÉZETI I-ső ASSZISZTENS TERVEI SZERINT ÉPÍTETTE POLLÁK IGNÁCZ RÉVKOMÁROMI ÉPÍTÉSZ. 1899 - 1900.

Ezzel egy szép hagyomány indult útjára, amikor is a Meteorológiai és Földdelejtességi Intézet, az Országos Meteorológiai Szolgálat jogelődje központi épületének átadását, illetve az intézmény alapításának jubileumi évfordulóit egy-egy hasonló tartamú emléktáblán örökítették meg. Ezek a márványtáblák az évek során folyamatosan gyarapodtak és ma is láthatóak az Országos Meteorológiai Szolgálat központi épületének lépcsőházában.

Konkoly-Thege maga köré gyűjtötte a fiatal tehetségeket, akik csillagászattal, meteorológiával és a földmágnességgel foglalkoztak: így Héjas Endrét, Kövesligethy Radót, Massány Ernőt, Réthly Antalt, Steiner Lajost és nem utolsósorban Marczell Györgyöt, akinek műszaki tudását, a műszerekhez való érzékét főnöke hamar felismerte. Konkoly így nyilatkozott róla 1889-ben: „Marczell az Intézet fiatal tisztviselői között egyike a legügyesebbeknek, s így mindenemű előléptetésre alkalmasnak találom.” (Réthly, 1943).

A XX. század elején gyors fejlődésnek indult a hazai földmágnességi kutatás, amely sokat köszönhet Marczell sokoldalú, alapos tudásának. Ő telepítette az első magyar szeizmológiai állomásokat: Kalocsa (1900 előtt), Temesvár (1901), Ógyalla (1902), Budapest (1902), Fiume (1903), Zágráb (1906), Ungvár (1909), Kolozsvár (1911), és képezte ki azok személyzetét (Varga P. és Gráczer Z., 2013). Az akkori Magyarország területén nyolc szeizmológiai állomás létesült, amelyek száma négyre csökkent a trianoni határok meghúzása után.

Marczell György az első világháborúban 1917-ben katonai behívót kapott, mint meteorológus. A nevére szóló nyílt parancs 2014-ben megjelent egy aukciós ház honlapján, ahol árverésre bocsátották ezt az akkor majd 100 éves kordokumentumot (3. ábra). Innen értesülhetünk arról, hogy az olasz frontra vezényelték, ahol meteorológia méréseket kellett végeznie. E korban a magasabb légrétegek áramlási



3. ábra. Marczell György katonai behívója 1917-ből.

viszonyait a legegyszerűbb módon a műszer nélkül felbocsátott, általában hidrogénnel töltött léggömb, az ún. pilot léggömb útjának talajról való követésével határozták meg. Ilyen módon a magassági szél irányát és a sebességét lehetett meghatározni segítve ezzel a légi járművek harci cselekményeit. A háború folyamán Steiner Lajossal együtt a magassági aneroidok százait hitelesítették. Ezek olyan nyomásmérők voltak, amelyek egy rugalmas fémdoboz térfogatváltozásával mérték a külső légnyomást. Ezek az eszközök a korabeli repülőgépek felszereltségének alpműszerei voltak, amelyek a repülőgépek repülési magasságának meghatározására szolgáltak. Marczell részt vett a pilóták időjárással kapcsolatos elméleti képzésében is. Leszerelésekor repülésmeteorológiai szolgálatában kifejtett érdemeiért a Ferenc-József-Rend Lovageresztjével tüntették ki.

Amint 1938-ban az első bécsi döntéssel Felvidék visszatért Magyarországhoz, a már nyugállományban lévő, 67 éves Marczell György is visszatért Ógyallára. Feltámasztotta hamvaiból a földmágnességi méréseket, műszereket javított és fejlesztett, valamint átadta tapasztalatait az ott dolgozó ifjabb nemzedéknek. Ezt a tevékenységét több éven át folytatta, egészen 1943-ban bekövetkezett haláláig. Ily módon fonódik össze Marczell György életútja az ógyallai Meteorológia és Földmágnességi Intézet történetével. Érdemeket szerzett az ógyallai obszervatórium felépítésében, az intézmény első igazgatójaként irányította az intézmény működését, majd évtizedekkel később visszatért ide, és kitartó munkával újjászervezte a földmágnességi szolgálatot (Réthly, 1943).

A hazai aerológiai kutatások megteremtője

A Nemzetközi Meteorológiai Szervezet már 1894-ben az első ülésén hangsúlyozta a felsőbb légrétegek tanulmányozásának szükségszerűségét és hasznosságát. Két évvel később pedig ezen tudományos célú tevékenység nemzetközi összehangolására létrejött az Aerológiai Bizottság. Az 1909-ben Monacóban és 1912-ben Bécsben ülésező szervezet mindkét alkalommal ajánlásként fogalmazta meg, hogy célravezető lenne egy aerológiai obszervatóriumot felépíteni Magyarországon az Alföldön. A magyar szakemberek erre a célra Kecskemétet szemelték ki. Sajnos az első világháború megghiúsította ezeket a terveket is.

A kezdetekben a magas légrétegekben uralkodó szél meghatározására a hidrogénnel töltött ún. pilot léggömböt használtak. A ballon súlyát, átmérőjét lemérték. Méretei alapján táblázatból kiolvasták mennyit fog emelkedni percenként. Stopperrel mérték a felszállás idejét, míg egy másik észlelő távcsővel követte annak útját, vízszintes és függőleges irányban leolvassák elfordulásának szögeit és így kiszámíthatóvá vált a léggömb által megtett út, és ezután meghatározták a szél sebességét és irányát (Tóth, 1929).

Következő fejlődési szintet a ballonszondák alkalmazása jelentette. 1900-ban a brit W.H. Dines egy mechanikai meteorográfot szerkesztett, amely világszerte elterjedt, és egészen 1939-ig használtak. Richard Assmann, német meteorológus 1901-ben használta először a rugalmas „nyújtható” gumit a ballon anyagához, ettől kezdve ilyen ballonok szállíthatóak már fel a magasba a meteorográfokat (Dabberdt, 2002).

Az első magaslégkörü mérések Budapesten a Gellért-hegyi a Citadella épületében folytak. Marczell György irányításával itt bocsátották fel 1913. január 3-án Magyarországon először műszerekkel, ún. meteorográfokkal, magyarul íróhengerrel felszerelt léggömböt, ballonszondát. A műszerek a légnyomás mérésére Bourdon-csővel, ezenkívül kettőslemezes fémhőmérővel és hajszálas nedvességmérővel voltak felszerelve.

A ballonszonda használata a következőképpen történt. „A gumiléggömbre erősítve vesszőkből font kosarában közös hengerre író hőmérőből, barométerből és nedvességmérőből álló regisztrálóműszereket helyeztek. Az íróhengert (kormozott vékony alumíniumlemez van rátekereselve) óraszerkezet hajtotta, tehát az idő is meghatározható volt róla. A műszerek minden magasságban feljegyezték a hőmérsékletet, légnyomást és nedvességet. A léggömb aztán a hidrogén belső nyomására szétpukkad és a műszerkosár a földre esett. Esését ejtőernyő lassította. Leesési helyéről a rajta feltüntetett utasítások szerint be kellett küldeni a Meteorológiai Intézetnek, ahol a diagrammokkal teleírt kormozott lemezeket fixálták és kiértékeltek” (Tóth, 1929).

Az Aerológiai Bizottság évente 30–40 napot, úgynevezett nemzetközi napot jelölt ki, amikor is a világon mindenhol egyidőben magaslégkörü megfigyeléseket végeztek. Ahhoz, hogy több mérőpont egyidejű észleléseit különböző magassági szinteken mihamarabb ki tudják értékelni, a légkörü szondázást a rádiótechnika és a rádióhullámok

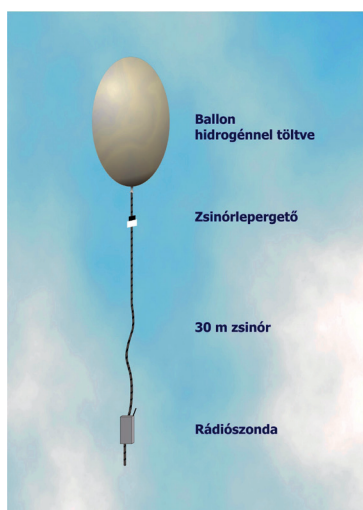
felhasználásával kellett ötvözni. Az első rádiószonda mérések különböző országokban gyors egymásutánban történtek. 1930. január 30-án az orosz P. A. Molchanov használt először rádiószondát a hőmérséklet és a nyomás mérésére, szondája 10 000 m magasságig jutott fel. Majd 1930. május 8-án a Párizs melletti Trappesből M. R. Bureau bocsátott fel rádiószondát hőmérséklet és nyomás meghatározására, amely 14 400 m magasságig jutott. Még ugyanabban az évben, május 22-én P. Duckert német meteorológus a lindenbergi aerológiai obszervatóriumból mérte a nyomást, a hőmérsékletet és a nedvességet, 15 000 m magasságot elérve rádiószondájával. 1931. december 30-án pedig Vilho Vaisala bocsátott fel rádiószondát Helsinki-ből (Dabberdt, 2002).



- | | | | | |
|--|---|--|--|--|
| 01 Henryk ARCTOWSKI (56)
(Poland; 1871-1959) | 08 Peregrin ZISTLER (43)
(Germany; 1883-1966) | 15 Gilbert WALKER (59)
(Great Britain; 1868-1958) | 22 Johannes ENGE (23)
(host team; Germany; 1904-1972) | 29 Martin HERRMANN (23)
(host team; Germany; 1904-1958) |
| 02 György MARCZELL (56)
(Hungary; 1871-1943) | 09 Pavel MOLCHANOV (34)
(Russia; 1893-1941) | 16 Elias MARILOPOULOS (27)
(Greece; 1900-1991) | 23 Paul MILDNER (30)
(host team; Germany; 1897-1976) | 30 Axel WALLÉN (50)
(Sweden; 1877-1935) |
| 03 Elen E. AUSTIN (32)
(Great Britain; 1895-1987) | 10 Erich BRUHNS (27)
(loc. host; Germany; 1900-1987) | 17 Lewis Fry RICHARDSON (46)
(Great Britain; 1881-1953) | 24 Karl KEIL (29)
(Germany; 1898-1987) | 31 Hendrik CANNegiETER (48)
(Netherlands; 1879-1964) |
| 04 Albert PEPLER (45)
(Germany; 1882-1942) | 11 Felix Maria EXNER (51)
(Austria; 1876-1930) | 18 Enrique MESEGUER (48)
(Spain; 1879 -> 1949) | 25 Dan La COUR (51)
(Denmark; 1876-1942) | 32 Franz LINKE (49)
(Germany; 1878-1944) |
| 05 Luise LAMMERT (40)
(host team; Germany; 1887-1946) | 12 Eduard FONTSERÉ (57)
(Spain; 1870-1970) | 19 Mrs. WALLÉN
(Sweden) | 26 Filippo EREDIA (50)
(Italy; 1877-1948) | 33 Wasaburo OISHI (53)
(Japan; 1874-1950) |
| 06 Rudolf LEMPFERT (52)
(Great Britain; 1875-1957) | 13 Hugo HERGESSELL (68)
(Germany; 1859-1938) | 20 Napier SHAW (73)
(Great Britain; 1854-1945) | 27 August SCHMAUSS. (50)
(Germany; 1877-1954) | 34 Ewoud van EVERDINGEN (54)
(Netherlands; 1873-1955) |
| 07 Spas VATSOV (71)
(Bulgaria; 1856-1928) | 14 Theodor HESSELBERG (42)
(Norway; 1885-1966) | 21 Mrs. HESSELBERG
(Norway) | 28 Vilhelm BJERKNES (66)
(Norway; 1861-1952) | 35 Ludwig WEICKMANN (45)
(host; Germany; 1882-1961) |
| | | | | 36 Zsigmond RÓNA (67)
(Hungary; 1860-1941) |

5. ábra. Az Aerológiai Bizottság lipcsei ülésének résztvevői 1927-ben (Schultz at al., 2020).

A műszereknek az volt a feladatuk, hogy a léggömbökre kötve minél nagyobb magasságokig elérve lemérjék a levegő nyomását, hőmérsékletét és nedvességtartalmát, és a mért adatokat az emelkedéssel egyidőben rádióadójuk segítségével továbbítsák a talajállomásra. Ennek megfelelően a rádiószonda a mérőelemekből, a rövidhullámú adóból és a közvetítő berendezésből állt. Gyakorlatilag a mai napig ez egy tipikus rádiószonda felszereltsége. A 4. ábra a jelenleg hazánkban használt rádiószonda szerelvényét szemlélteti.



4. ábra. Hazánkban jelenleg használt rádiószonda szerelvény.

Nemzetközi szerepvállalása az aerológia területén

A légköri folyamatok tanulmányozása szoros nemzetközi együttműködést igényelt már a kezdeti korszakban is és igényel ma is. Ekkor még nem folytak napi rendszerességgel magaslégtörési megfigyelések, csupán az ún. nemzetközi

napokon bocsátottak fel ballonszondát. A felszállás napjait az Aerológiai Bizottság előre kijelölte, de speciális időjárási helyzetek előfordulásakor a szervezet elnöke, a német Hugo Hergessel újabb napokat is kitzúzhetett a ballonszondák felbocsátására.

Az Aerológiai Bizottság 1927-ben Lipcsében ülésezett, ahol az 5. ábrán bemutatott csoportkép készült. A kép digitális restaurálása után a résztvevők nevét, nemzetiségét, születésének és halálának évét, valamint zárójelben a gyűlés idején betöltött életkorát is feltüntették. A csoportképen láthatjuk a korszak vezető kutatóit, a rádiószonda fejlesztésben élenjáró Molchanovot (#09) és Aerológiai Bizottság vezetőjét, Hugo Hergesellt (#13) is. A találkozón Magyarországot Marczell György (#02) és Róna Zsigmond (#36) képviselte. A rendezvény vendéglátója Ludwig Weickmann (#35) német meteorológus volt, aki a kutatócsoportja fiatalabb tagjait is meghívta a találkozóra. A résztvevők visszaemlékezéseikben kiemelték a lipcsei ülés rendkívül baráti légkörét, pedig mindössze néhány év telt csak el az első világháborút lezáró versailles-i békeszerződés után. Számos tudós jelent meg az egykori központi és az antant hatalmak részéről is, de a tudományos diskurzust ez nem befolyásolta.

Ebben az időszakban a magyar aerológiai kutatás léggömbökkel és repülőgépekkel végzett mérési adatokkal, azok összefoglaló feldolgozásaival és elméleti kutatómunkával járult hozzá a nemzetközi szervezet tevékenységéhez. A magaslégtörési mérések szervezésében és irányításában Marczell György vállalt kiemelkedő szerepet, valamint Hille Alfréd és Tóth Géza szakértelme is hozzájárult a munka sikeréhez. Steiner Lajos az elméleti kutatásban jeleskedett, a termodinamika és a légköri energetika területén mutatott fel nemzetközi viszonylatban is kiemelkedő eredményeket (Béll, 1960).

Magyarországon a rendszeres rádiószondás mérések 1949-ben kezdődtek, de az aerológiai megfigyelések gyors technikai fejlődése miatt egyre időszerűbbé vált egy magaslégtérkutató obszervatórium felépítése. Az építkezés 1950-ben kezdődött meg Budapest XVIII. kerületében, Pestszentlőrincen. Az intézet helyének kijelölésében szerepet játszott a Ferihegyi reptér közelsége, így módon a repülésirányítást is értesíteni lehetett a magasabb légrétegekben uralkodó meteorológiai viszonyokról. 1952-től kezdve a rádiószondákat az obszervatóriumból bocsátották fel, kezdetben csak két naponként, majd folyamatosan egyre gyakoribbá váltak a mérések, míg 1959-től napi négyszer történt rádiószonda felszállás (6. ábra)



6. ábra: A ballon felfújása a pezsztentlőrinci obszervatóriumban 1956-ban
(MTI Zrt. Fotóarchívum, készítette: Jármái Béla).

A magaslégtér folyamatok vizsgálatában legkorszerűbb technika bevezetésére 2020-ban került sor az Országos Meteorológiai Szolgálatnál, ugyanis ez évben két automata rádiószonda felbocsátó berendezést helyeztek üzembe; az egyiket a budapesti, a másikat a szegedi obszervatóriumban. A rendszer jellemzője, hogy emberi beavatkozást nem igényel, a szondaindítás teljesen automatikus. A felszállás alkalmával a ballon feltöltése, elindítása önműködően történik. A földre sugárzott mérési adatok automatikus feldolgozáson mennek keresztül, és előre meghatározott formátumban továbbítják azokat a nemzetközi adatközpontba. A szonda a mintavételt másodpercenként végzi el, a feldolgozott adatokat két másodperces gyakorisággal rögzíti. Budapestről és Szegedről egyaránt napi két szonda indul. A 7. ábrán az automata rádiószonda felbocsátó konténer látható a Marczell György Főobszervatóriumban. A két szondázó egység üzembe helyezésével kijelenthetjük, hogy a jelenleg legkorszerűbb és legmegbízhatóbb autószondázó berendezésekkel rendelkezünk.



7. ábra. Az automata rádiószonda felbocsátó konténer a Marczell György Főobszervatóriumban (Kálmán Imre felvétele).

Az Országos Meteorológiai Szolgálat pezsztentlőrinci obszervatóriumának megalapítását 1952-ben elsődlegesen az a szándék vezette, hogy a magaslégtér megfigyeléseknek állandó otthona legyen. Az intézmény 1971-ben, Marczell György születésének centenáriumban vette fel Marczell György nevét. Az obszervatórium parkjának központi részén helyezték el Marczell György mellszobrát, Cseh István szobrászművész alkotását.

Köszönetnyilvánítás: Szeretném megköszönni Ivan Dorotovicnak, a Szlovák Központi Obszervatórium Tudományos és Megfigyelési Osztály vezetőjének a hurbanovoi Geomágneses és Meteorológiai Obszervatóriumról készített fényképet, valamint Kálmán Imrének, az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársának az autószondáról készült képet.

Irodalom

- Béll, B., 1960: Az aerológia magyarországi fejlődése és a „Marczell György” Aerológiai Obszervatórium. *Fizikai Szemle* 10, 184–189.
- Dabberdt, W.F.; Cole, H.; Paukkunen, A.; Horhammer, J.; Antikainen, and V.; Shellhorn, R., 2002: Radiosondes. In (eds.: Holton, J.R., Pyle, J., Curry, J.A.) *Encyclopedia of Atmospheric Science* 6, 1900–1913.
- Réthly, A., 1943.: Marczell György emlékezete. *Időjárás* 47, 45–49.
- Schultz, D.M., Volkert, H., Antonescu, B. and Davies, H.C., 2020: Defender and Expositor of the 1 Bergen Methods of Synoptic Analysis: Significance, History, and Translation of Bergeron’s (1928) “Three-Dimensionally Combining Synoptic Analysis” *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* 101, E2078–E2094. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0021.1>
- Tóth, Á., 1929: Bevezetés a meteorológiába, Szent István Társulat kiadó, Budapest.
- Varga, P. és Grácz, Z., 2013: Kövesligethy Radó és a magyar földrengéskutatás. *Magyar Tudomány* 174, 29–52.

INTERJÚ NÉMETH ÁKOSSAL, A METEOSZKÓP HÁZIGAZDÁJÁVAL

INTERVIEW WITH ÁKOS NÉMETH, HOST OF THE METEOSZKÓP

Szabó Dorottya

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1., szabo.d@met.hu

Összefoglalás. Az Országos Meteorológiai Szolgálat nemrég új műsorral jelentkezett, amely a Meteoszokóp címet kapta. A havonta jelentkező adásokban Németh Ákos, az OMSZ Elnöki Titkárságának kommunikációs munkatársa élőben beszélget az aktuális téma egy-egy szakemberével. A műsor lényege az interaktivitás, ugyanis az adás ideje alatt a nézők is kérdezhetnek, s így alakíthatják a beszélgetés menetét. Az új műsorról Németh Ákossal beszélgettünk.

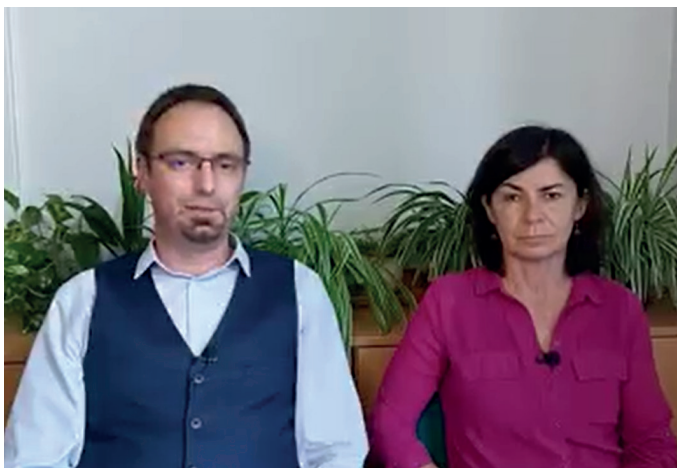


Az Országos Meteorológiai Szolgálat műsora

A Meteoszokóp logója és főcíme

Léggör: Kezdjük is a legegyszerűbb kérdéssel, mi is a Meteoszokóp?

Németh Ákos: A Meteoszokóp egy olyan tudományos ismeretterjesztő műsor, amit az Országos Meteorológiai Szolgálat Facebook oldalán élőben közvetítünk. Minden hónapban más témát határozunk meg, amelyet beszélgetőpartneremmel 60 percen alaposan körbejárunk. Az aktuális havi műsor témáját és címét két héttel az adás előtt már meghirdetjük, mert előzetesen várjuk a nézői kérdéseket is, ugyanis ezek alapján építjük fel a műsor szerkezetét. Tehát ez egy olyan online, élő műsor, ahol a nézők határozzák meg a műsor menetét a kérdéseikkel.



Az első adás még az OMSZ egyik irodájában készült, de később nagyobb hangsúlyt kapott az is, hogy izgalmas környezetből jelentkezzen a műsor.

L.: Honnan jött az ötlet, hogy legyen egy ilyen műsor?

N. Á.: Igazából nem tudom. Sok podcast műsorról találkoztam már különböző témákban, elég csak a köztársasági elnök Kék bolygó című podcastjére gondolni. Ezekkel nekem mindig az a problémám, hogy hanganyag. Persze autóvezetés közben jobb azt hallgatni, mint videót nézni, de mégis, nekem hiányzott a kép. Innen jött tehát az ötlet, hogy miért ne csinálhatnánk mi is egy ilyet, csak videóval? Egyébként kommunikációs szakemberek szerint is az emberi közlés nem egészen 30%-a történik verbális úton, tehát fontos a látvány, a testbeszéd, a többi non-verbális megnyilvánulás. Az „élőzésnek” pedig az volt az apropója – és pont ezért ragaszkodom ehhez –, hogy ez interaktívva teszi a produkciót. Jobb minőségben, rendezettebben lehetne felvett műsört készíteni, de ebben pont ez a szép, és így a nézőket is bevonhatjuk az adásba. Ilyen formában tehát csak a nézők „magyar hangja” vagyok.

L: Amikor erre az interjúra sor került, már néhány adáson túl vagytok. Milyen témák kerültek elő eddig az adások során?

N. Á.: Igyekszünk minél érdekesebb és változatosabb témákat feldobni. Az első adás azért volt aktuális, mert akkor vezette be az OMSZ az új klíma-normált, vagyis az addigi 1981–2010 közötti 30 éves periódust felváltotta az 1991–2020-as normál. Erről beszélgettünk dr. Lakatos Mónikával, az OMSZ Éghajlati Osztályának szakértőjével, illetve ennek kapcsán az éghajlat múltbéli változásáról is szó esett.

A második adás általánosságban a viharjelzésről szólt, de fókuszálva a Balatonra. Ezúttal Szilágyi Eszter kolléganőm, a Siófoki Viharjelző Observatórium munkatársa volt a beszélgetőpartnerem, akit sokan ismerhetnek a tévéből is. Úgy döntöttünk, hogy az aktuális havi téma mellett a forgatási helyszíneket is szeretnénk izgalmasabbá tenni, így a műsor kiköltözött az irodából, a beszélgetést ugyanis a Római-parton vettük fel. A témához kapcsolódva természetesen vízparti helyet kerestünk, így esett a dunai háttérre a választás.

Majd ennél a vonalnál maradván a harmadik adásban Komjáti Kornél, a Viharvadászok Egyesületének elnöke, s egyben az OMSZ Veszélyjelző Osztályának előreljelző munkatársa volt a vendégünk, aki a viharvadászatról, tornádó-



Minden adás előtt élő videókkal jelentkeznek a készítőik, emlékeztetve a műsorra.

vadászatról mesélt. Valószínűleg a téma különlegessége és népszerűsége volt az oka annak, hogy ez az adás úgy isten igazából megmozgatta a nézők fantáziáját. Sok kérdést kaptunk e-mailben is, de a chatfalon is aktívak voltak a nézők.

Azóta pedig nemrég a negyedik adás is lement, amely ismét egy divatos éghajlatos témát boncolgatott: a klíma jövőbeli változásairól beszélgettünk dr. Szépszó Gabriellával, a Modelllezési Osztály vezetőjével. A téma érdekessége ellenére kevesebb kérdést kaptunk, nézőszámában azonban eddigi csúcst döntöttünk. Remélem, hogy ez a tendencia megmarad a jövőre nézve is, és egyre többen kapcsolódnak be a közvetítésekbe.



A viharjelzés témaköre a kacsákat is érdekelte.

L: Megbeszéltük, hogy eddig mit láthattak a nézők a műsorban. Maradjunk még kicsit a témaválasztásnál. Hogyan találjátok ki, hogy mik legyenek a következő adásokban?

N. Á.: Erre nincs kialakult módszer, ötletelni, brainstormingolni szoktunk Szabó Dorotttyával (szintén az Elnöki Titkárság munkatársa). Igyekszünk mindig olyan témákat választani, ami érdekes lehet a laikusok számára is. Próbálunk elszakadni a saját meteorológiára specializálódott világunktól, és nem OMSZ-dolgozó szemmel vizsgálni a témákat, hanem teljesen hétköznapi emberként szeméztünk az időjárással kapcsolatos kérdések közül. Ennek

a műsornak az a nehézsége, hogy élőben megy, tehát nem lehet felkészülni minden dologra, menet közben is jöhetnek váratlan kérdések. Hiszen nemcsak a műsor előtt várjuk a nézői kérdéseket, hanem a műsor alatt is, amelyeket folyamatosan beépítünk a beszélgetés menetébe. Így, ha a bejövő kérdés valóban a témához kapcsolódik, akkor azt meg kell válaszolni, akkor is, ha adott esetben kicsit el is kell rajta gondolkodnia az interjúalanyak.

Igyekszünk előre gondolkodni, és a következő 3–4 adás témáját meghatározni, hogy arra fel tudjunk készülni szakmailag és időben kiválaszthatassuk a legalkalmasabb beszélgetőpartnert. Gyakorlatilag már 2022 májusáig elkészült egy tématerv, persze ez menet közben még változhat.

L: Ez nagyon izgalmasan hangzik. El lehet árujni, hogy mik lesznek a következő adások témái?

N. Á.: Nagy vonalakban igen, de azért nem szeretnék lelőni minden poént, mert a következő időszak úgy gondolom, nagyon érdekes lesz. A közeljövőben tervezünk az agrometeorológiáról egy műsrot, amelynek a forgatási helyszíne is nagyon különleges lesz. Aztán természetesen majd az ősz végén, a fűtési szezon kezdetén a légszennyezettség alakulásáról, monitorozásáról is szót ejtünk. Nem szeretnénk kizárólag az OMSZ tevékenységi körére fókuszálni, egyéb területek is a terveink között szerepelnek, amelyek valamilyen módon kapcsolódnak az időjáráshoz vagy az OMSZ-hoz. Így kilépünk a Szolgálat kötelékéből, és beszélgetünk majd többek között a katonai meteorológiáról is.

L.: Már sokat beszélünk az eddigi adásokról, de árulj el néhány technikai részletet. Mióta megy a műsor, mikor és hol látható?

N. Á.: Az első adás 2021 májusában volt. Minden hónap utolsó csütörtökén látható élő adásban, ami az OMSZ Facebook csatornáján követhető 13:30-tól. Ez fix időpont, így lehet vele tervezni, be is lehet írni a naptárba. Minden hónapban jelentkezünk, még a nyári hónapok alatt is. Egy-egy beszélgetés 60 perc, ezt az időkeretet igyekszünk pontosan tartani.



A harmadik adás beharangozó videója igazán különleges helyszínről jelentkezett. Az OMSZ munkatársai a Művészetek Völgyén vettek részt, így onnan emlékeztették a követőket a következő Meteoszkópra.

L.: Miért pont 13:30? Nem egy szokványos időpont...

N. Á.: Igen, ez igaz. A „nagy könyv szerint” akkor kell élő adással jelentkezni, amikor vélhetően sokan vannak az interneten. Ez általában esetfelé, 8–9 óra körül lehet. Ezzel az a probléma, hogy hónapról-hónapra megvalósítani nehéz. Főleg, ha külső, esetleg távolabbi forgatási helyszínt választunk, az utazás miatt is problémás lehet. Ezért választottunk napközben egy olyan időszavat, amikor feltehetően többen elérhetőek. Ez az ebéd utáni időszak, de még a munkából való hazamenetel előtti. Így havonta egyszer talán ezt az egy órát a munkaidőből is le lehet csípni. A házon belüli folyamatokra is tekintettel kellett lennünk, hogy a napi időjárás kisfilm a szokásos délutáni időpontjához képest se kerüljön ki az OMSZ facebook oldalára túl későn.



Komjáti Kornél a vihar és tornádó vadászatról mesélt Ákosnak. A nézők nagyon aktívak voltak ebben az adásban.

L.: Visszanézhetők a korábbi részek valahol?

N. Á.: Igen, a Szolgálat Facebook oldalán visszanezhetők. A terveink között szerepel, hogy bizonyos adások az OMSZ honlapján (met.hu) is megnézhetők legyenek. Igyekszünk a későbbiekben csoportosítani a korábbi műsorokat, hogy könnyebben meg lehessen találni azokat. De a Facebook oldalunkon jelenleg is könnyen felismerhetők, így akinek sikerült meghozni a kedvét hozzá, megtalálja az oldalunkon.

L.: Árulj el néhány kulisszatitkot az olvasóknak. Hogy megy egy ilyen forgatás?

N. Á.: Most már mondhatom azt, hogy egyre gördülékenyebben. Az első adás még rendkívül vicces volt, hiszen egyikünk sem csinált még azelőtt soha élő adást. Se máshol, se a Facebookon. Én már sokszor álltam a kamera előtt a másik oldalon, akár élőben is, de egészen más a riporter székben ülni, mint nyilatkozóként. Itt ugyanis az a lényeg, hogy – bár a nézők kérdései alapján – a riporternek kell irányítani a műsort és terelgetni a beszélgetést. Ez azért nem egyszerű, meg kell tanulni.

De hogy hogyan is megy? A magunk szolid eszközeit használjuk. Mobiltelefonnal, mikrofonnal, mobilinternettel felvértezve indulunk neki. Természetesen minden szükséges „kütyű” nálunk van, de nem kell nagy dolgokra gondolni. Ha valaki járatos a ma nagyon divatos vlogok világában,

akkor ahhoz hasonlót képzelhet el a mi esetünkben is. Nagyon reméljük, hogy a követőtáborunk is hasonló magasságokat érhet el idővel, mint a népszerűbb bloggereké/vloggereké.

Az sem titok, hogy a „stáb” két főből áll. Az én szerepem nyilvánvaló. De ki kell emelni munkatársam, Szabó Dorotytya szerepét, nélküle ugyanis nagy bajban lennék. Dorka kezeli a technikai eszközöket, ő a kameraman, a világosító, a hangmérnök és a rendezőasszisztens egy személyben, ő figyeli a chatfalat és jelez, ha kérdés érkezik.

A helyszín kiválasztása és ott a technikai előkészület általában közösen történik. Ez néha nem könnyű feladat, hiszen lehet, hogy a Street View-n megnézve tökéletes a helyszín, de odaérve azt tapasztaljuk, hogy épp építkezés megy a környéken, ami olyan zajjal jár, hogy lehetetlen az adást kivitelezni. A Római-parton például először kacsák, majd egy kajakos csapat, végül egy leszálláshoz készülődő repülőgép zavarta meg a beszélgetést. A külső helyszínen közbeszólhat az időjárás is, tehát mindig kell rendelkezünk B-tervvel. Viszont, ha minden készen áll, akkor már indul is az élő közvetítés.

L.: Négy adást követően mik az eddigi tapasztalatok?

N. Á.: Vegyesek az eddigi tapasztalatok. A nézők eleinte nem tudták, hogy mi ez. Idővel látszott a számokon, hogy egyre többen várták az adásokat, hónapról-hónapra egyre több nézőnk lett. A látogatók száma azonban több tényezőtől függ, hiszen nem influenzakeredés folyik és nem is bulváreseemények közvetítése zajlik, hanem tudományos témákat beszélünk ki egy szakemberrel. Igaz, hogy kötetlen stílusban folyik a beszélgetés, de ez mégis csak egy tudományos ismeretterjesztő műsor. Ennek megfelelően a nézettség közel sincs olyan szinten, mint egy klasszikus influenszer vlogban, de nagy örömeinkre sokan megnéznék minket, és később is visszanezik az adásokat. Ez inspirál minket a következő műsor előkészülete során.

Azt is megfigyeltük, hogy a nézői aktivitás változó. Ennek a műsornak az a lényege, hogy interaktív legyen. Beszélgetés közben várjuk a kommenteket és a kérdéseket. Az, hogy mennyi érkezik egy-egy adás alatt, az nagyon erősen függ a témától. Éppen ezért igyekszünk minél több embert érdeklő témákat válogatni. És itt megragadnám az alkalmat, felhívva a figyelmet arra, hogy a Léggör olvasói is küldhetnek témajavaslatokat a meteoszkop@met.hu címre.

L.: Köszönöm szépen a beszélgetést, akkor foglaljuk össze röviden a legfontosabb tudnivalókat.

N. Á.: Meteoszkóp, az OMSZ meteorológiai témájú ismeretterjesztő műsora minden hónap utolsó csütörtökén, 13:30-kor az OMSZ Facebook csatornáján, élőben. A műsorhoz mindig készül Facebook esemény is, amelyhez lehet csatlakozni. Az adás előtt a Facebook oldalunkon rövid élő bejelentkezésekkel is emlékeztetjük a követőinket a műsorra. A kérdéseket pedig a műsor e-mail címére, a meteoszkop@met.hu címre várjuk. Találkozunk a következő adásban!

2021 NYARÁNAK IDŐJÁRÁSA

WEATHER OF SUMMER 2021

Szolnoki-Tótván Bernadett

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1., totivan.b@met.hu

Összefoglalás: A 2021-es nyár összességében az 5. legmelegebb volt 1901 óta, az évszak középhőmérséklete országos átlagban 22 °C volt, mely 1,2 °C-kal haladta meg az 1991–2020-as sokévi átlagot. Az évszakos átlaghőmérséklet az Alföldön alakult a legmagasabban (1. ábra). A sokévi átlaghoz képest a legnagyobb hőmérsékleti eltérést (>2 °C) Budapest térségében, a Mátra és a Mecsek vidékén tapasztaltuk (2. ábra). Az első két hónap melegebb volt a szokásosnál (2,2 és 2,3 °C-kal), míg az augusztus elmaradt az átlagtól (-0,9°C-kal) (6. ábra). A nyári napok ($T_{\max} \geq 25$ °C) számának országos átlaga 24 nap volt, mely 3 nappal több, mint a sokévi átlag. A hőség napok ($T_{\max} \geq 30$ °C) és a forró napok ($T_{\max} \geq 35$ °C) száma rendre 5 és 1 nappal volt több, mint az 1991–2020-ra jellemző érték. Hőhullámos napokat is többször átélünk: júniusban (21–25 és 28–30 között) és júliusban is kétszer (7–9 és 26–28 között), augusztusban pedig egyszer (14–16 között) emelkedett legalább 3 napig a napi középhőmérsékletet 25 °C fölé. Emellett júliusban volt még egy kétnapos időszak, amikor 25 °C feletti volt az átlaghőmérséklet (13–14). A három hónap csapadékösszege 132 mm-nek adódott, amely jócskán elmarad az 1991–2020-as átlagtól (203 mm). 2021 júniusa volt az elmúlt 121 évben a legszárazabb június, mindössze a sokévi átlag 22%-a érkezett (15,7 mm). Országos átlagban a júliusi csapadék 61 mm volt, mely arányaiban már közelebb van az 1991–2020-es normálhoz, de még mindig jócskán alatta maradt (85%-a), míg augusztusban már majdnem a szokásos mennyiségű csapadék hullott, a normálnak a 93%-a. Az évszakos csapadék a sokévi átlagnál kevesebb volt az ország legnagyobb részén (3. és 4. ábra). Országos átlagban 24 csapadékos nap volt, ami 4 nappal kevesebb, mint az 1991–2020-as átlag. A globálsugárzás az északkeleti országrészben volt a legalacsonyabb, és az Alföld középső-déli részén a legtöbb (5. ábra).

Június. Szokatlanul forró időjárású volt: 1901 óta a 3. legmelegebb júniust hagytuk magunk mögött. A havi középhőmérséklet 2,1 °C-kal haladta meg az 1991–2020-as sokévi átlagot, az ország nagy részén 20 és 23 °C között változott. A legmelegebb területeket a Dunántúl nyugati felén, a főváros környezetében és az Alföldön figyeltük meg. Június 23-án és 24-én is új országos napi rekord született. Előbbi napon Berettyóújfalu és Dombegyház állomáson is 37,8 °C-ig emelkedett a hőmérséklet, míg 24-én 40,0 °C-kal tetőzött a hőség Fülöpházán. Az országban átlagosan 24 nyári nap ($T_{\max} \geq 25$ °C) és 12 hőségnap ($T_{\max} \geq 30$ °C) fordult elő júniusban. Mindkét éghajlati index 6 nappal haladta meg az 1991–2020 közötti sokéves átlag értékét (a 18 és 6 napot). A legtöbb forró nap ($T_{\max} \geq 35$ °C) Tiszaalpár

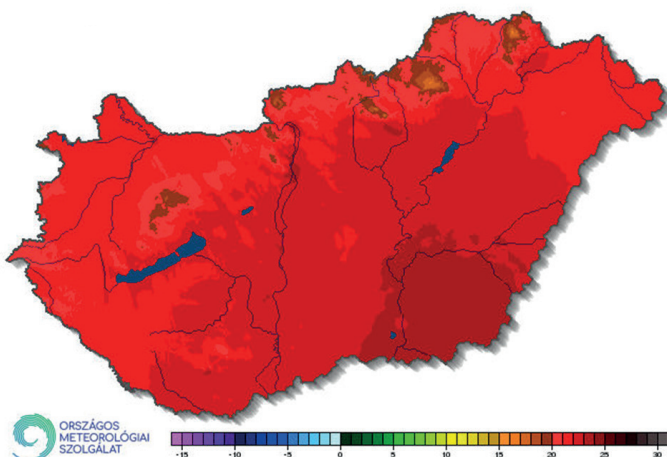
és Pécs-Egyetem állomásokon adódott (7 nap). Országos átlagban 2 forró nap volt júniusban, miközben a sokévi átlag ebből az indexből 0 nap. A nyár első havában országosan a meleg éjszakák ($T_{\min} \geq 20$ °C) száma 3 volt; a normálérték pedig 1 nap. A legtöbb meleg éjszakát Budapest-Lágymányos állomáson regisztráltuk (13 db), de nem sokkal maradt el e mögött Fonyód, Siófok és Szeged (10 db) sem.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

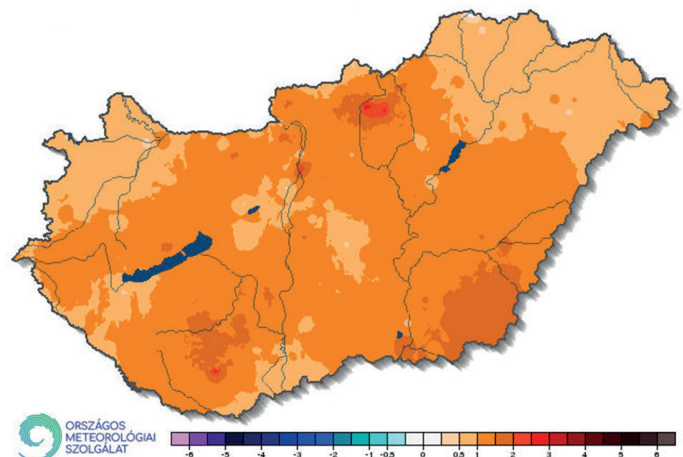
40,0 °C, Fülöpháza (Bács-Kiskun megye), június 24.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

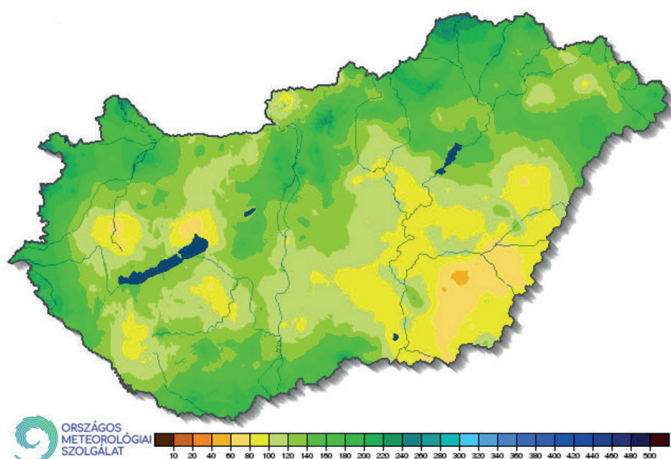
0,6 °C, Zabar (Nógrád megye), június 01.



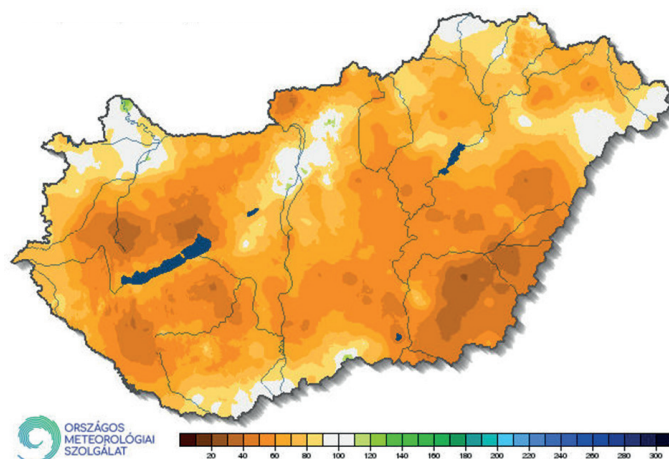
1. ábra. A 2021-es nyár középhőmérséklete (°C).



2. ábra. A 2021-es nyár középhőmérsékletének eltérése (°C) a sokévi átlagtól (1991-2020).



3. ábra. A 2021-es nyár csapadékösszege (mm).



4. ábra. A 2021-es nyár csapadékösszege a sokévi (1991-2020) átlag százalékos (%) arányában kifejezve.

A júniusi csapadékösszeg országos átlagban 15,7 mm-nek adódott, amely a sokévi átlagnak (72,0 mm) csupán a 21%-a. Ezáltal az idei lett a legszárazabb június 1901 óta. A hónap nagyrészt csapadékszegényen telt az ország legnagyobb részén, a tartós szárazságot csak egy-egy zivatar vagy felhőszakadás szakította meg. Ezek a heves események azonban a csapadékhányt nem enyhítették, sőt sok esetben még károkat is okoztak (jégeső, viharos szél). Solt Kissolt állomáson június 25-én 24 óra alatt 52 mm zúdult le – aznap zivatar volt jégesővel –, mely a havi összeg (52,8 mm), több mint 98%-a.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

60,4 mm, Kőszeg (Vas megye)

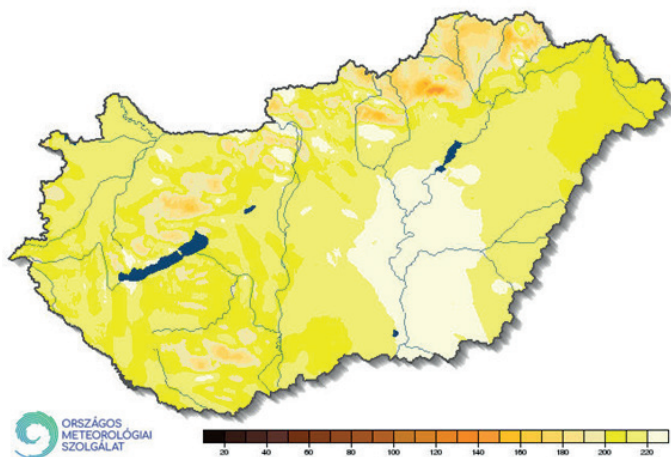
A hónap legkisebb csapadékösszege:

0,0 mm, Környe (Komárom-Esztergom megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

52,0 mm, Solt - Kissolt (Bács-Kiskun megye), június 25.

Július. Ez volt a legmelegebb július 1901 óta, a havi középhőmérséklet az ország legnagyobb részén 22–25 °C között változott. Az országos átlag 23,8 °C lett, így az idei július 2,3 °C-kal meghaladta az 1991–2020-as normált.



5. ábra. A 2021-es nyár globálsugárzás összege (kJ/cm²).

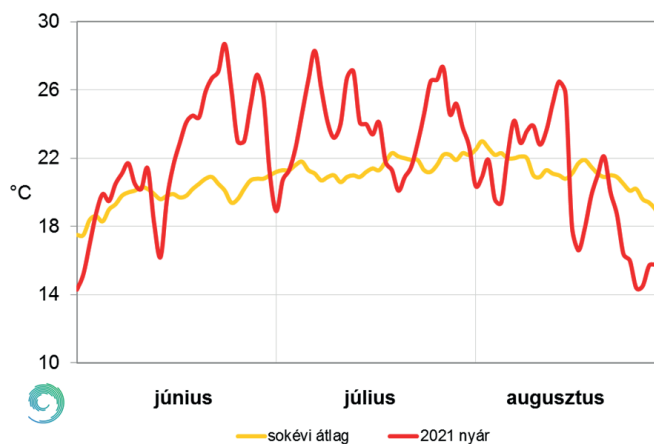
A hónap első felében egy nagyterjedésű anticiklon határozta meg hazánk időjárását, így a júniusi után egy újabb hőhullám alakult ki. Ekkor több napig is 6–7 °C-kal a sokévi átlag feletti hőmérsékleteket mértünk. Július 8-án új országos napi rekord született 40,2°C-kal Adonyban. Országos átlagban 29 nyári nap ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) és 17 hőségnap ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) fordult elő ebben a hónapban. Mindkét éghajlati index meghaladta az 1991–2020 közötti sokéves átlag értékét; előbbi 5, utóbbi 6 nappal. A legtöbb forró nap ($T_{\max} \geq 35 \text{ °C}$) Mezőgyán állomáson adódott (12 nap). Az országban átlagosan 3 forró nap volt júliusban, miközben a normálérték ebből az indexből 1 nap. A nyár második havában országosan a meleg éjszakák ($T_{\min} \geq 20 \text{ °C}$) száma 5 volt; a normálérték pedig 2 nap. A legtöbb meleg éjszakát Szegeden regisztráltuk (19 db), de Budapest-Lágymányos állomáson is 18 db volt, míg nem sokkal maradt el e mögött Siófok (14 db) sem.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

40,2 °C, Adony (Fejér megye), július 8.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

9,5 °C, Kékestető (Heves megye), július 2.



6. ábra. A 2021 évi nyár napi középhőmérsékletei és az 1991-2020-as sokévi átlag (°C).

2021. nyár időjárásai adatainak összesítője

Állomás	Napsütés, óra		Sugárzás, kJcm ⁻²	Hőmérséklet, °C						Csapadék, mm			Szél viharos nap ($f_x \geq 15 \text{ ms}^{-1}$)
	évszak összes	eltérés		évszakos összeg	évszak közép	eltérés	max	napja	min	napja	évszak összes	átlag %-ában	
Szombathely	924	149	212	21.4	1.2	35.8	2021.07.08	6.4	2021.06.02	171	74	25	4
Nagykanizsa			212	21.3	1.2	36.8	2021.07.08	4.2	2021.06.02	141	60	18	3
Pér			217	21.4		37.3	2021.07.08	5.3	2021.06.02	156	83	15	13
Siófok			206	23.3	1.3	38.5	2021.07.08	8.1	2021.06.02	129	73	14	20
Pécs				23.0	1.6	36.7	2021.06.24	7.0	2021.06.01	166	76	19	5
Budapest	993	121	210	22.9	1.1	37.6	2021.07.08	8.3	2021.08.28	131	66	17	2
Miskolc	916	94	196	22.0	1.3	36.6	2021.06.24	7.6	2021.06.02	170	71	24	1
Kékestető	860	82	203	16.9	1.2	28.0	2021.06.24	4.4	2021.06.01	179	66	20	13
Szolnok			232	23.1	1.2	37.4	2021.06.24	7.7	2021.06.02	101	53	15	5
Szeged	1037	162	221	23.2	1.6	38.4	2021.06.24	6.4	2021.06.02	98	54	16	10
Nyíregyháza			213	21.9	1.2	37.1	2021.06.24	7.7	2021.06.02	135	76	23	10
Debrecen	1042	151	211	22.8	1.5	36.6	2021.06.24	8.9	2021.06.03	79	43	18	7
Békéscsaba			222	23.1	1.6	37.7	2021.06.24	5.1	2021.06.03	63	34	16	13

Az extrém száraz június után 2021 júliusa kissé nedvesebb volt. A júliusi csapadékösszeg országos átlagban 61 mm-nek adódott, amely a sokévi átlagnál 15%-kal kevesebb, ugyanakkor a területi eloszlása most is szélsőségesen alakult. A lehulló csapadék Budapest környékén és a Győri-medence térségében haladta meg legjobban az 1991–2020-as átlagot. Ezeket a tájakon helyenként a sokévi átlag 200%-a hullott le júliusban. A havi legnagyobb csapadékösszeget Páprád településen mértük, 174,1 mm-t, melynek az időbeli eloszlása alakult igen szélsőségesen. 48 óra alatt, július 16-án (57,0 mm) és 17-én (84,8 mm) 141,8 mm érkezett, ami a teljes havi összeg 81%-a. Ezzel szemben a Marcal-medencében, a Hatvani-síkon és a Körösök vidékén az 1991–2020-as érték alig 10–30%-a érkezett.

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

174,1 mm, Páprád (Baranya megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

5,3 mm, Kondoros (Békés megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

94,3 mm, Erdőtelek (Heves megye), július 2.

Augusztus. A nyár utolsó hónapja az 1991–2020-as átlaghoz képest 0,8 °C-kal volt hűvösebb, országos átlagban 20,3 °C-nak adódott a havi középhőmérséklet. A sokévi átlagnál alacsonyabb értékek jellemezték szinte az egész országot, a legnagyobb hőmérsékleti eltérést Győr-Moson-Sopron megyében és az északkeleti országrészben azonosíthatjuk. Augusztus közepétől több hidegfront vonult át a Kárpát-medence felett, melyek hatására hideg levegő áramlott be. Ezen erőteljes lehűlések a hónap végéig a sokévi átlag alatt tartották a hőmérsékletet.

A leghidegebb napokban az átlaghőmérséklet 5–6 °C-kal a sokévi átlag alatt maradt. A küszöbnapok száma is jól jellemzi a hűvösebb augusztust: országos átlagban a nyári napok ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) száma 20 volt, míg hőségnapból ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) 9 volt. A nyári napok száma 3 nappal, míg a hőségnapok száma 1 nappal kevesebb, mint az 1991–2020 közötti normálérték.

A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet:

38,6 °C, Sarkad - Malomfok (Békés megye), augusztus 1.; **Mezőkovácsháza** (Békés megye), augusztus 16.

A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet:

3,6 °C, Kakucs (Pest megye), augusztus 26.

Az augusztus átlagosan csapadékos volt: országos átlagban 55 mm csapadék érkezett, mely az 1991–2020-as normál 93%-a. Jelentős területi különbségek adódtak: a Marosszögben és a Komárom-Esztergomi-síkságon alig hullott csapadék. A legtöbb csapadékot az Észak-középhegységben, a Duna-Tisza-közének egy részén, a Zalai-dombságon és Sopron környékén összegeztük (a sokévi átlagnak 120–220%-a).

A hónap legnagyobb csapadékösszege:

165,1 mm, Sopron - Brennbergbánya (Győr-Moson-Sopron megye)

A hónap legkisebb csapadékösszege:

19,1 mm, Kisbér (Komárom-Esztergom megye)

24 óra alatt lehullott maximális csapadék:

53,9 mm, Csákvár (Fejér megye), augusztus 29.

DÍSZELŐADÁS A VÍGSZÍNHÁZBAN

GALA AT VÍGSZÍNHÁZ

Szabó Bernadett

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1., szabo.b@met.hu

2021. szeptember 10-én került megrendezésre A Pál utcai fiúk című díszelőadás a Vígszínházban, melyen az Országos Meteorológiai Szolgálat jelenlegi és nyugdíjas dolgozói, valamint kiemelt partnerei vehettek részt.

Az OMSZ 2020-ban ünnepelte fennállásának 150. évfordulóját, melyet egész napos rendezvénysorozattal szerettek volna emlékeztetni, ám ez sajnos a pandémia miatt csak részben valósulhatott meg, és az estére tervezett színházi előadás elmaradt. Az idei évben azonban lehetőség nyílt az esemény megtartására. A Vígszínházzal való hosszúságú egyeztetés után, a járványhelyzet alakulását figyelembe véve, esett a választás a szeptember 10-i időpontra.

Az előadás nagy érdeklődésre tartott számot. A meghívottak érezhetően örültek, hogy végre lehetőség és alkalom kínálkozik a közös kikapcsolódásra. Az előadás kezdete

előtt a vendégek a Vígszínház elegáns előterében várakozhattak, ahol lehetőség nyílt arra, hogy hosszú idő után újra fesztelenül beszélgessenek a kollégák egymással egy pohár finom pezsgő mellett. Mindenki nagy várakozással és találgatással várta az előadást. Nagy volt a kíváncsiság, hogy Molnár Ferenc mindenki által jól ismert, azonos című regényét és ez alapján készült, méltán híres filmet, miként viszik színpadra.

A két felvonásos előadás 19 órakor kezdődött. A szünetben a résztvevőket pereccel és frissítővel várták a szervezők. Az előadás végén többen még maradtak egy kis beszélgetésre. Azt hiszem, minden résztvevő nevében mondhatom, hogy egy remek előadásnak lehettünk részesei. Minden szereplő teljes átéléssel játszott, rengeteg dal hangzott el, a koreográfia pedig nagyon látványos, mozgalmas volt.

KISLEXIKON

POCKET ENCYCLOPEDIA

Sarkadi Noémi

Pécsi Tudományegyetem, TTK, FFI, sarkadin@gamma.ttk.pte.hu

CORINE: Felszínborítási adatbázis, amely a felszínborításban és a földhasználatban bekövetkezett változásokat foglalja magában. Vektoros adatbázis, amelyben 44 kategóriába sorolva található adatok. Az adatok nagy felbontású űrfelvételek vizuális interpretációjával készültek, amelyet ortofotók és helyszíni mérések adataival egészítettek ki. (In: Báder László: *A párolgás szerepe és a „táji hőszigetek” hatása az éghajlati energia-, és vízmérlegre*)

Éghajlati aszály: Más néven meteorológiai aszály a csapadékhiány, illetve a csapadékhiányos időszak hossza alapján határozható meg. Tehát a kialakulása pusztán meteorológiai eredetű. (In: Báder László: *A párolgás szerepe és a „táji hőszigetek” hatása az éghajlati energia-, és vízmérlegre*)

Kriging/krigelés: egy statisztikai alapokon nyugvó interpolációs eljárás. Egy térbeli változó értékét úgy becsli meg egy adott pontban, hogy az adott változó ismert értékű és helyzetű pontjait figyelembe véve egy olyan függvényt

illeszt az adatokra, ahol az ismert pontok és az ismeretlen pont közötti távolság is figyelembe van véve. (In: Izsák et al.: *Éghajlatváltozás: homogenizált vagy nyers adatsorokat használjak?*)

Negatív/pozitív visszacsatolás: A visszacsatolási folyamatok igen összetettek lehetnek. Alapvetően pozitív visszacsatolásnak nevezzük, ha egy folyamat önmagát gerjeszti és negatív visszacsatolásnak, ha a folyamat ellentétes irányban hat, mint a rendszert érintő kezdeti hatás, tehát gyengíti azt. (In: Báder László: *A párolgás szerepe és a „táji hőszigetek” hatása az éghajlati energia-, és vízmérlegre*)

Sztochasztikus modell: olyan modellezési eljárás, amely figyelembe veszi a számítások során a véletlen eseményeket. A kimenete nem egy konkrét számérték, hanem gyakorisági eloszlás. (In: Izsák et al.: *Éghajlatváltozás: homogenizált vagy nyers adatsorokat használjak?*)

„Elszabaduló energiák”. Aznap a Dunántúl keleti részén a legmagasabbra törő felhősúcsok egy front előtti összeáramlási vonal mentén elérték a 14–16 km-es magasságot.
Készítette: Turós Ildikó, Iregszemcse, 2021. július 9. (forrás: MET-ÉSZ)



Kondenzcsíkokból átalakuló Cirrus felhők (Cirrus fibratus és uncinus homomutatus). A WMO új felhőatlasza a homomutatus elnevezéssel illeti az ilyen módon átalakuló felhőket.

Készítette: Suhai Dóri, Bugyi, 2021. augusztus 7. (forrás: MET-ÉSZ)



