

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.

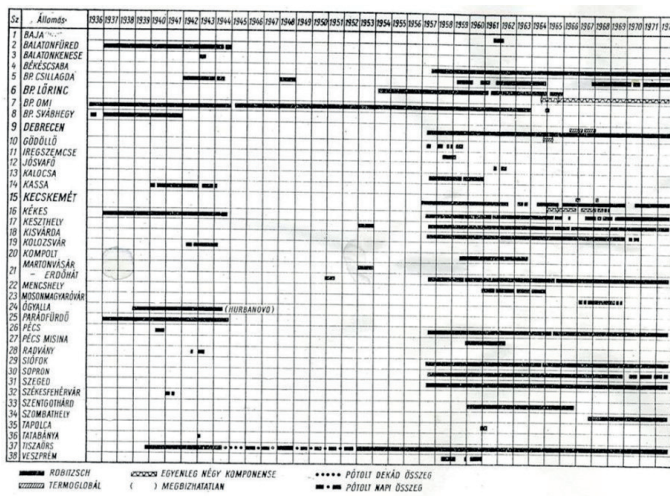
A következő fejezetben összefoglaljuk a sugárzásmérő hálózati műszerek tipikus mérési hibáit, felsorolva mindazokat a szempontokat, melyeket a térképek összehasonlítása során érdemes figyelembe venni. Gyűjtő néven „meta adat”-oknak nevezik a mérések pontosságát befolyásoló hatásokról, a mérési körülmények 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 fényérzékenységen 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 kitérik 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 kitégetéséhez 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).

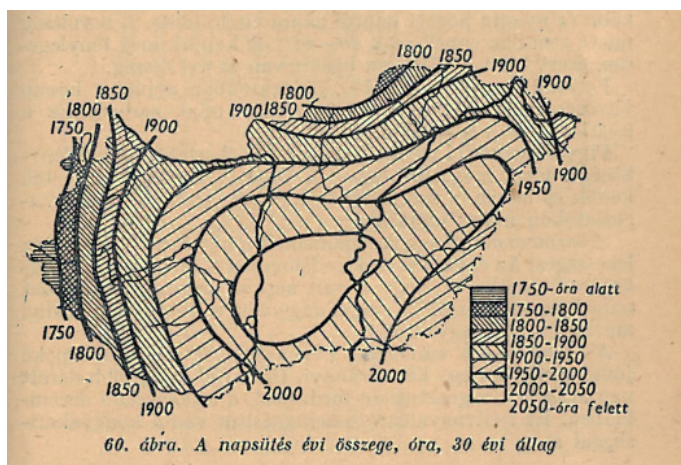
A globálisugárzás esetén külön szót érdemel a mértékegységek használata. A térképek összehasonlításának elősegítésére a mértékegységek értelmezését, használatát az 1. sz. melléklet összegzi, a térképek eltérő mértékegységei közti átváltást a 2. táblázat segíti.

	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

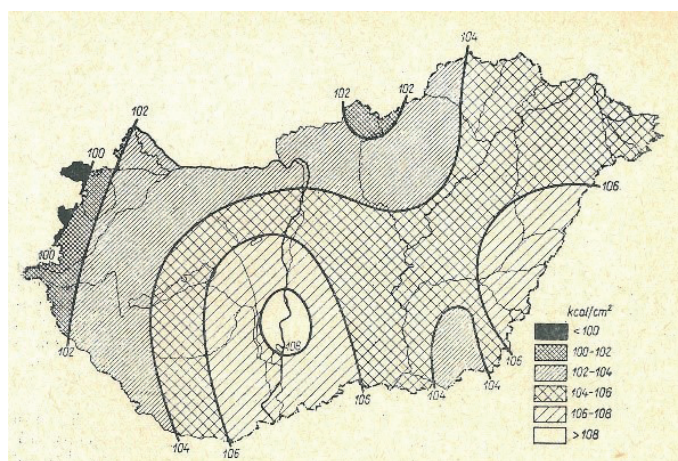
2. táblázat. A térképeken szereplő mértékegységek átszámítása.

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



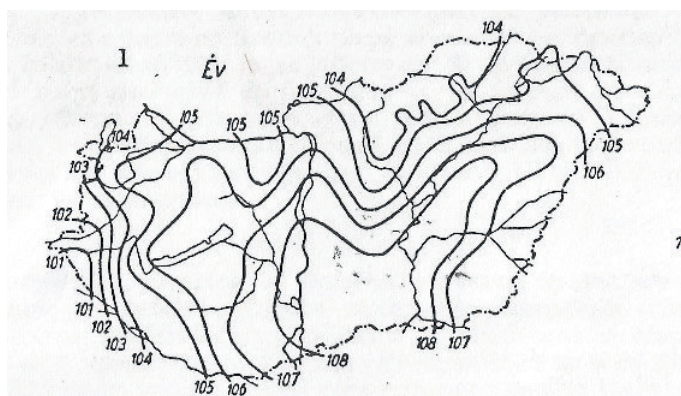
60. ábra. A napsütés évi összege, óra, 30 évi átlag



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

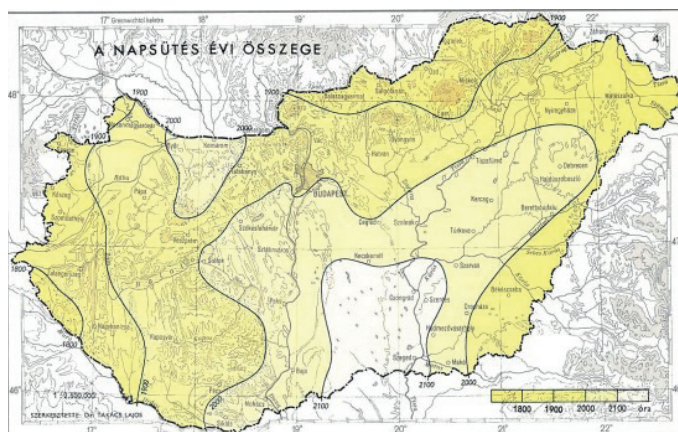


2. ábra. A besugárzás ($\text{Kcal}/\text{cm}^2\text{év}$) évi összegének területi eloszlása, 50 évi átlag (1901–50) (Dobosi és Takács, 1959).

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

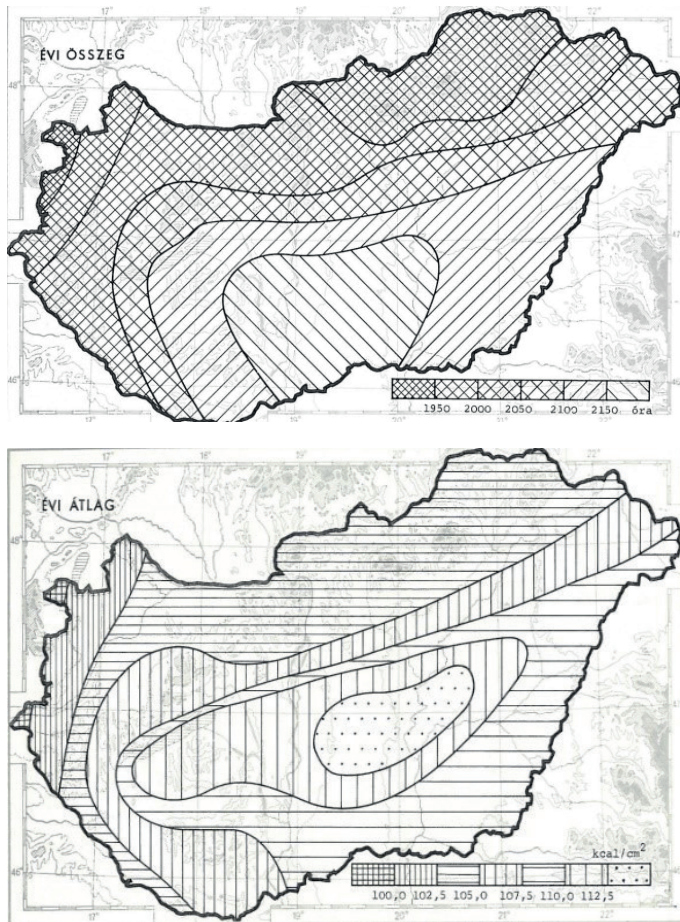
látható, a legkisebb értéket 1745 órát Szombathely vízműnél mérték. Az azonos napfénytartamú helyeket összekötő ún. izohélioszok alakja – főleg a maximumokat illetően – eltér a 30 éves átlagokétól.

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.



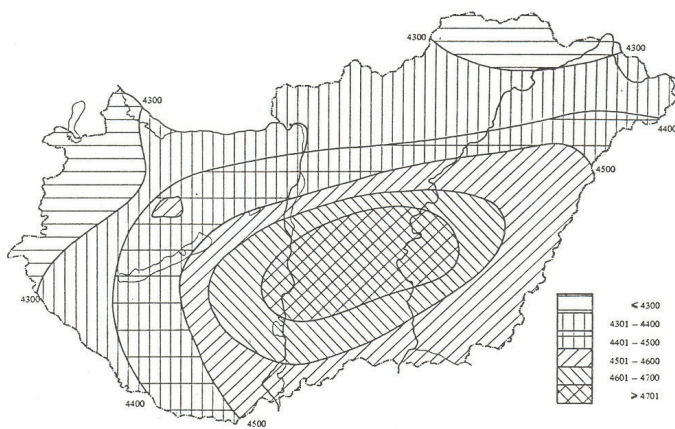
3. ábra. A napsütés (óra) évi összegének területi eloszlása, 50 évi átlag (1901–50) Magyarország Éghajlati Atlasza.

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 globálisugárzás (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.



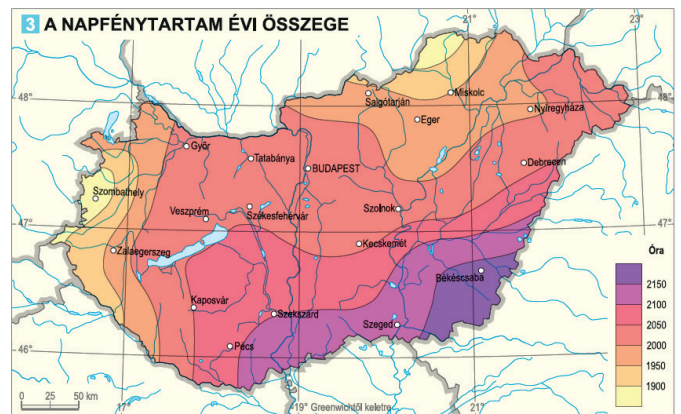
5. ábra. A globálisugárzás évi összegeinek területi eloszlása 1951-80 időszakra MJ/m²-ben (Dávid et al., 1990).

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 globálisugárzás homogenizált, interpolált adatsorait a CarpatClim (2021) projekt keretében készítette el az Éghajlati Osztály. A globálisugárzás 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 globálisugárzás 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.

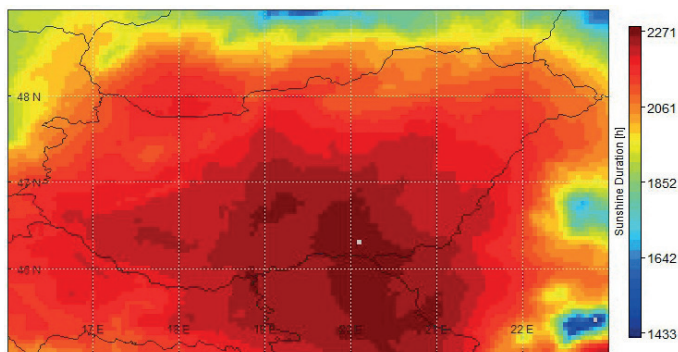


6. ábra. A napsütéses órák évi összege 1981–2010 (fejezetszerk. Bihari Z., 2018).

Műholdas adatok és eszközök. A távérzékelési eszközök nagy időbeli és térbeli felbontású mérései napjainkra a sugárzás adatok fő forrásaiá 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 globálisugárzást (Rimócziné-Paál et al., 1999). Az 1961–90-es Magyarország Éghajlati Atlaszban

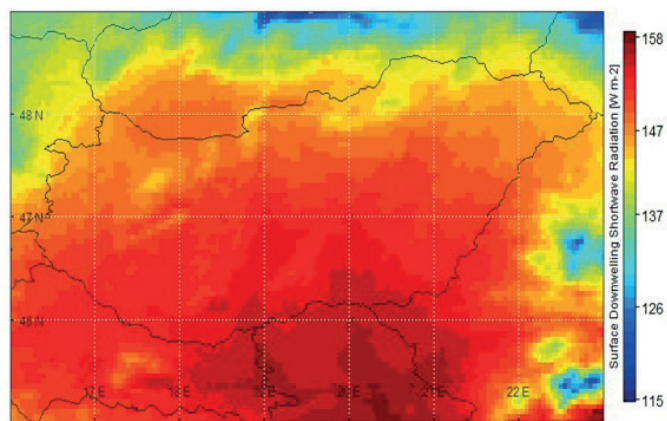
(Mersich et al, 2003) a műholdas adatok alapján készült globálisugárzás térképek néhány év átlagát tükrözik (pl. éves térkép 1997–1998).

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, valamint a publikus adatok elemzéséhez eljárásokat fejlesszen (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 tartalmaznak 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

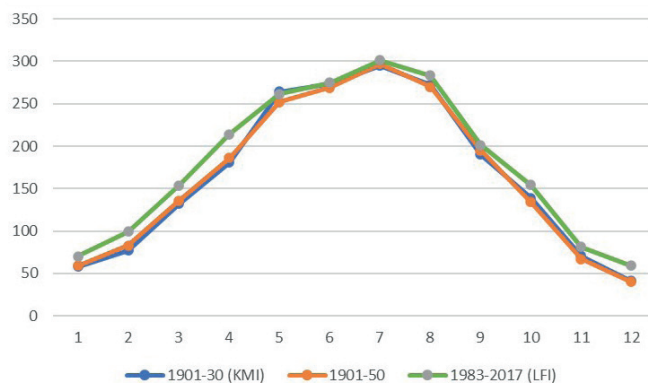


8. ábra. A globálisugárzás (SIS) átlagos területi eloszlása (1983–2017).

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 globálisugárzás (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 globálisugárzás 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. Globálisugárzás 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 globálisugárzás 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.nemzetiatslasz.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:

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

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

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

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

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

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

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