

Hosszú távú napfizikai adatsorok homogenitási problémái

Dr. Ludmány András, Muraközy Judit, Dr. Baranyi Tünde

MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Konkoly Thege Miklós Csillagászati
Intézet, Napfizikai Observatórium, Debrecen

Az utóbbi években jelentősen felértékelődött a hosszú távú adatsorok jelentősége az űrfizikában, mivel a jelenlegi, 24-es számú ciklus szokatlanul későn indult és a vártnál kisebb intenzitással zajlik. Komolyan felvetődött az elhúzódó tevékenységi minimum lehetősége a nem túl távoli jövőben. A klímaváltozás okairól szóló viták szoláris-indusztriális dilemmája is igényelné a hosszú távú homogén adatsorokat, de több jel mutat arra, hogy a létező adatok rejtett trendeket és ugrásokat tartalmaznak. Nemrég nemzetközi összefogás szerveződött a probléma feltárására, a közös munkához a Napfizikai Observatórium saját, részletes napfoltadataival tud hozzájárulni. Áttekintjük a problémát és egy lehetséges megoldást.

1. A napfolttevékenység mérőszámai

A legrégebbi űrfizikai adatsor a naptevékenység mértékét jellemző napfolt-relatív-szám, melyet Rudolf Wolf (1816–1893) definiált Zürichben:

$$R_Z = K(10 \cdot G + S) \quad (1)$$

ahol G és S a napkorongon észlelt foltcsoportok ill. foltok száma. A K szorzót azért vezette be Wolf, hogy a más észlelőktől érkező adatokat normalizálja a zürichi adatokhoz, hiszen a helyi viszonyok, távcsőparaméterek és a megfigyelők személyes preferenciái szisztematikus eltéréseket okozhatnak. A paraméter mai neve ISSN (*International Sunspot Number*) és a brüsszeli Royal Observatory gondozza [6].

Hoyt és Schatten [2] jelentősen megújította a napaktivitás-mérőszámot oly módon, hogy csak foltcsoportokat vett figyelembe. Munkájukban 463 észlelő 455 242 észlelését használták fel, adatsoruk az 1750-től vezetett Wolf-számmal szemben 1610-től kezdődik. A Wolf-számmal való összhang érdekében a következő paramétert definiálták (*Group Sunspot Number*):

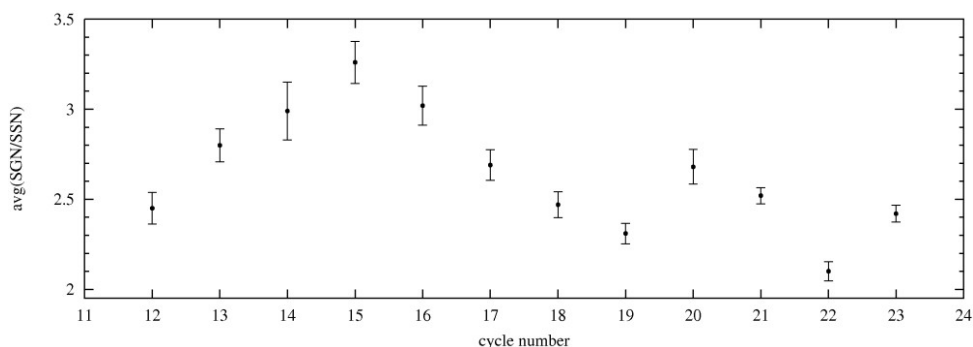
$$R_G = K(12.08 \cdot G) \quad (2)$$

Mindkét paraméter hátránya, hogy naponta egyetlen számmal jellemzi a tevékenység mértékét, mintha csillagként tekintenénk a Napot (előnyük persze, hogy egyáltalán léteznek ilyen hosszú időszakon). A részletes napfoltpozíció- és területadatok regisztrálása 1874-ben kezdődött a GPR katalógus révén [5], melynek mai folytatása a Debrecen Photoheliographic Data (DPD) a létező legrészletesebb napfolt-adatbázis, az SDD is Debrecenben készül a SOHO/MDI méréseire alapozva [1].

2. Az adatsorok inhomogenitásai

A hosszú távú adatsorok közös gondja, hogy a fent említett okok (légkör, műszerek, szubjektumok) mellett egy sor további tényező is befolyásolja az értékeket: fejlődés a felbontásban és adatrögzítési technikákban, továbbá tévedések és tényleges szoláris változások. Az ezek révén előálló rejtett nullpontváltozások és egyéb torzítások csak aprólékos keresztkalibrálási eljárások révén fedhetők fel, ráadásul nincs abszolút megbízható referencia-adatsor, mindegyik tartalmazhat rejtett hibákat. A napfoltszám-adatsor részletes elemzésében úttörő munkát végző Svalgaard rendkívül kiterjedt vizsgálatokat végzett az eredeti észlelésekről. Szerinte a Zürichben Wolfot követő Wolfer (1885-től), majd Waldmeier (1945-től) belépéséhez egyaránt fűződik egy-egy diszkontinuitás, ha az R_G/R_Z adatsort vizsgáljuk [7].

Egy korábbi munkánkhoz arra volt szükség, hogy adatsorok rejtett trendjeit kisebb felbontásban – ciklusonként – vizsgáljuk. A GPR katalógusból vett havi átlagos foltcsoport-számot osztottuk a havi átlagos napfoltszámmal és ezeket átlagoltuk minden ciklusban a maximum körüli öt évre. A GPR időszakra az 1. ábra szerinti viselkedést kaptuk.



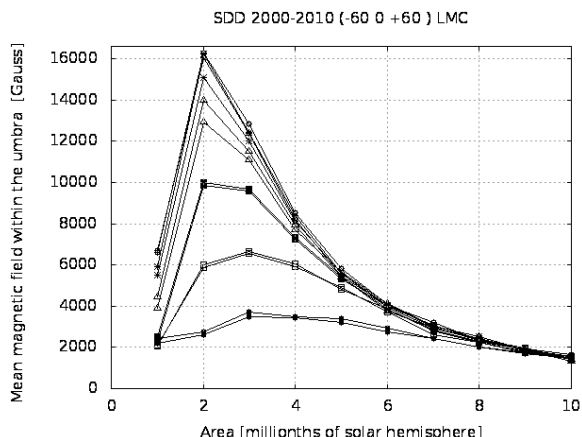
1. ábra *A foltcsoport-szám (GPR) és R_Z hányadosának ciklusonkénti átlagai*

Az ábra kis felbontásában a Waldmeier-diszkontinuitás (a 18. ciklusnál) nem ismerhető fel, de egy másik trend annál feltűnőbb: a 15. ciklusig növekedés, majd csökkenés. A hányadosoknak hibahatáron belül konstansnak kellene lenniük, de nem tudjuk, melyik adatsor a problémás; valószínűleg mindkettő.

A probléma nem lebecsülendő. A 18–19. ciklus volt a legerősebb a napészlelés történetében, és ha ezek az adatok csak Waldmeier önkényesen megváltoztatott módszerének következményei, akkor egy sor Nap–Föld fizikai elemzés tévedhet. A tisztázásra 2011-től egy nemzetközi workshop-sorozat szerveződött, melyhez debreceni megközelítéssel mi is hozzájárulunk.

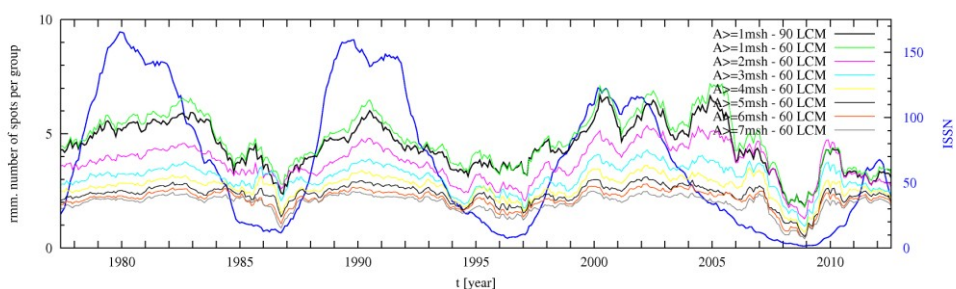
3. A foltméretek szerepe

A 2. ábra a SOHO/MDI észleléseire épülő debreceni SDD napfolt-adatbázis adatai alapján azt mutatja, hogy az MDI műszer által nyújtott viszonylag alacsony felbontásnál (ami a korai észlelőknél sem lehetett nagyobb) a kis területű umbrák csak a napkorong centruma körül észlelhetők és csak kb. a 6–7 MSH (*Millionth of Solar Hemisphere*) területű foltok száma tekinthető függetlennek a centrálmeridiántól mért távolságtól. Ez azt jelenti, hogy ha lenne a Nap látható félgömbjén nagyobb mennyiségű kis folt, és ezek egyáltalán nem változtatnák a helyüket és méretüket két hétig, akkor pusztán azért is nagy változásokat regisztrálnánk az R_Z értékében, mert a naprotáció miatt változik az észlelhetőségük. Ez felveti a kérdést, hogy milyen méretű foltokat és milyen centrálmeridián-távolságban lehet figyelembe venni, valamint milyen időbeli átlagolást érdemes végezni.



2. ábra Umbrák észlelt száma 10° -os hosszúsági sávokban a centrálmeridiántól különböző távolságokban 0° – 10° -tól 50° – 60° -ig (a görbék csökkenő sorrendjében) a korrigált umbraterületek függvényében. Az adatok a SOHO/MDI észleléseiből nyert SDD adatbázisból valók a 2000-2010 közötti időszakban.

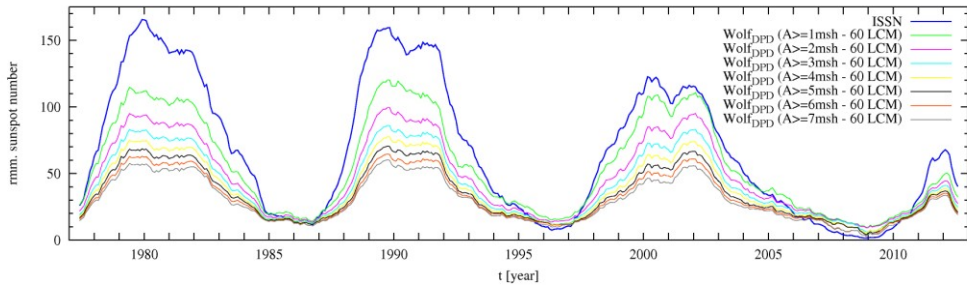
A 3. ábra azt mutatja, hogyan változik a foltok száma a DPD időszakában (1977–2013), ha egymás után kihagyjuk az 1, 2, ..., 7 MSH területű umbrákat.



3. ábra Foltcsoportonkénti foltszámok havi átlagai 1977–2013 között a kisméretű foltok kihagyásával (a görbeseregben felülről lefelé 1-től 7 MSH-ig) összehasonlítva a 21–24. ciklusok profiljával. A foltcsoportok maximális méretű állapotukban vannak figyelembe véve.

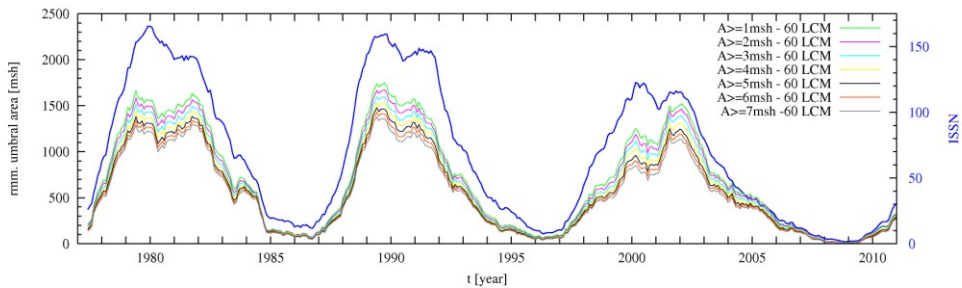
Az ábra arról tanúskodik, hogy az (1) kifejezés túlértékeli a foltcsoportok szerepét, hiszen az átlagérték nem 10, hanem 5 körül van, másrészt ez az érték is jelentős ingadozást, ciklusfüggést mutat, tehát a maximumokat túlértékeli. Az egyik legtanulságosabb eredmény azonban az, hogy nemcsak az észlelői gyakorlat oldalán lehet oka a napfoltszám inhomogenitásának, hanem maga az (1) definíció sem vesz tudomást arról, hogy a G foltcsoport-szám sem konstans, vagyis az inhomogenitásnak szoláris oka is lehet. Minimumban a csoportonkénti foltszám lecsökken, de különösen alacsony a legutóbbi igen mély minimumban, ami egyik megnyilvánulása lehet a Livingston és Penn által tanulmányozott jelenségnek, a foltok eljelentéktelenedésének.

A 4. ábra a 21–24. ciklus nemzetközi napfoltszámmal (legfelső görbe) kirajzolt profiljait hasonlítja össze a DPD-ből az (1) definícióval nyert napfoltszám görbeseregével oly módon, hogy növekvő méretű foltokat hagyunk ki az észlelt foltok közül 1-től 7 MSH-ig.



4. ábra ISSN adatok (felső görbe) és a DPD napfoltszám görbéi növekvő területű foltok kihagyásával, 11 hónapos csúszóátlaggal simítva.

Az ábrából látható, hogy a görbesereg profilja nem sokat változik a kisebb foltok elhagyásával, de a ciklusprofilok magassága jelentősen csökken. Mivel a legkisebb foltok észlelhetősége nemcsak a centrálmeridián-távolságtól, hanem az észlelései körülményektől és személyektől is erősen függ, ezért ezek figyelembe vétele, vagy elhagyása jelentősen befolyásolja az R_z értékét. Ráadásul éppen a legkisebb foltok észlelhetősége változik legjobban az eszközök fejlődésével, ami technikai eredetű trendet csempész az adatsorba.



5. ábra ISSN adatok (felső görbe) és a havi össz-foltcsoport-terület DPD-ből nyert adatai 11 hónapos csúszóátlaggal simítva. Minden foltcsoport területe a maximális állapotában lett figyelembe véve.

Az 5. ábra arról tanúskodik, hogy a kis foltok elhagyása az össz-foltterületre sokkal kisebb hatással van, mint a Wolf-féle számra, ami talán nem is meglepő.

4. Debreceni kezdeményezés egy független adatsorra

A napfoltszám igazi problémáját abban látjuk, hogy definíciója összekever két különböző fizikai hátterű jelenséget. A naptevékenység alapegységei az aktív vidékek, vagy foltcsoportok, ezek hoznak felszínre a globális toroidális térből fluxuskötegeket, a felemelkedést felhajtó erő idézi elő. Az egyes foltok azonban e fluxuskötegek fragmentációja miatt különülnek el, ami a környező mozgástérrel való kölcsönhatás eredménye. Ha sok apró folt van, akkor a foltszám magas, de ez nem az aktivitásról szól, mert annak az a jellemzője, hogy mennyi mágneses fluxus került a felszínre. Ebben az értelemben az R_G foltcsoportszám fizikai jelentése világosabb, de ez még mindig egyforma súlyt ad a legkülönbözőbb méretű foltcsoportoknak.

Az SDD napfoltkatalógus birtokában egy új programot indítottunk. A cél nem az egyszerű foltszámlálás, vagy területmérés, hanem az, hogy megbecsüljük a felszínre kerülő mágneses fluxus mértékét. Ezt tekintjük az aktivitás igazi mércéjének. Az eljárás a következő. A foltok területe és átlagos mágneses tere (fluxussűrűsége) között az SDD-ből meghatározott $B=f(A)$ összefüggést felhasználva a foltokban jelenlévő fluxusmennyiség $f(A)*A$. Ezt minden foltcsoport maximális állapotában a foltokra összegezve kapjuk az aktív vidék által felszínre hozott össz-fluxust:

$$TMF = [\sum K * f(A_i) * A_i]_{LP} \quad (3)$$

Az LP index a vezető polaritású területet jelzi, a K faktor pedig egy olyan viszony-szám, mely figyelembe veszi azt, hogy a foltok mellett alacsony fluxussűrűségű mágneses területei is vannak az aktív vidéknek. Ezen TMF értékek havi összegeit tekintjük az aktivitás mértékének.

A (3) formula alapján részletes elemzésekre lesz szükség, hogy olyan észleléseken is megbecsülhessük a felbukkanó fluxusmennyiséget, melyekhez nincs mágneses adat. Reményeink szerint el lehet jutni oda, hogy történelmi napfoltészlelések (rajzok) alapján is becslést tehessünk erre a mennyiségre, ami valóban független adatsort kínál a napfoltszám ellenőrzésére.

Köszönetnyilvánítás

The research leading to these results has received funding from the European Commission's Seventh Framework Programme (FP7/2007–2013) under the grant agreement eHeroes (project no. 284461, www.eheroes.eu).

Irodalom

- [1] Györi L., Baranyi T., Ludmány A. (2011): Photospheric data programs at the Debrecen Observatory. *Proc. IAU Symposium 273*, pp. 403–407
- [2] Hoyt D.V., Schatten K.H. (1998): Group Sunspot Numbers: A New Solar Activity Reconstruction, *Solar Physics*, Vol. 181, pp. 491–512
- [3] Korsós M. (2013), *Central European Astrophysical Bulletin*, leadva
- [4] Penn M.J., Livingston W. (2011): Long-term evolution of sunspot magnetic fields. *Proc. IAU Symposium 273*, pp. 126–133
- [5] Royal Observatory Greenwich, Greenwich Photoheliographic Results, 1874–1976
- [6] Solar Influences Data Center (SIDC), Royal Observatory of Belgium
- [7] Svalgaard L. (2012): How well do we know the sunspot number? *Proc. IAU Symposium 286*, pp. 27–33