

Kálmán Béla

Az elmúlt napciklus tanulságai*

Ismét egyre több napfolt figyelhető meg a napkorongon, megkezdődött a 23. napciklus, amely várhatóan 2000 körül éri el maximumát. Ebből az alkalomból érdemes felidézni az előző, 1986 végén indult ciklus néhány kiválasztott napfoltcsoportját, amelyek valamilyen különleges tanulsággal szolgáltak.

A naptevékenység

A Napon látható sötét foltokról már több, mint kétezer éve vannak feljegyzések, mind Európából, mind Kinából, de első tudományos igényességű leírójuk Galilei volt, az 1600-as évek elején. Addig Európában, Arisztotelészt követve, a Napot tiszta, égi tűznek tekintették, amelyet nem csúfíthatnak el sötét szeplők. Kinában ellenben az égitesteket, így a Napot is, rendszeresen szemmel tartották, ezért az 1600 előtti közel 300 megfigyelésből alig egy-kettő csak európai. Galilei bebizonyította, hogy a távcsővel megfigyelt sötét foltok valóban a Nap felszínén vannak. Kortársa, Christoph Scheiner jezsuita csillagász (aki szintén a napfoltok egyik felfedezője volt) 1611 és 1625 közti megfigyeléseit egy monumentális kötetben közzétette, ezután a Nap felszíne iránti érdeklődés alábbhagyott. A napfoltokra a múlt század közepén figyeltek fel ismét, amikor Heinrich Schwabe felfedezte, hogy számuk nagyjából 10 évente nagyobb, valamint ennek nyomán Rudolf Wolf Zürichben (másokkal egyidejűleg, de tőlük függetlenül) kimutatta, hogy a földmágneses háborgások és a napfoltok gyakorisága időben párhuzamosan változik. A téma fontosságát felismerve Wolf rendszeres napészleléseket kezdett Zürichben, bevezetett egy mérőszámot, az ún. napfolt-relatívszámot (amely a megfigyelt napfoltcsoportok számának, valamint az összes megfigyelt napfoltok számának kombinációja), és gondosan összegyűjtötte az addigi szórványos napfoltmegfigyeléseket. Ennek alapján megállapította, hogy a napfolt-

* Ezt a tanulmányt egyúttal jelképes figyelemfelhívásnak is szánjuk az ez év augusztus 11-i teljes napfogyatkozás megtekintésére. — A szerk.

ciklus átlagos időtartama 11,1 év, de az egyes ciklusoknak mind időtartama, mind nagysága erősen változó.

A megfigyelt földi hatások miatt más obszervatóriumok is kezdtek foglalkozni a Nappal. Említésre méltó a Royal Greenwich Observatory programja, amelynek keretében 1874-től 1976-ig rendszeresen naponta fényképezték a napkorongot (1977-től ezt a feladatot az MTA Csillagászati Kutatóintézetének debreceni Napfizikai Obszervatóriuma látja el), és a felvételeken meghatározták a napfoltok helyzetét és területét. A napfoltok kutatásának súlypontja a századforduló táján az Egyesült Államokba tolódott, ahol George E. Hale a Mt. Wilson Observatory megalapításával új műszereket épített a Nap tanulmányozására. Kimutatta, hogy a napfoltokban erős mágneses tér található, ez az oka valamivel alacsonyabb hőmérsékletüknek. Szintén Hale építette az első spektrohélioszkópot, amely lehetővé tette, hogy a hidrogén H-alfa színképvonalának fényében figyeljék meg a Napot, ezáltal megfigyelhetővé téve a Nap légkörének a látható napfelszín, a fotoszféra fölötti rétegét, a kromoszférát. Ezzel a műszerrel a napfoltcsoportokban hirtelen, néhány — néhányszor tíz percig tartó kifényesedések voltak megfigyelhetők a napfoltcsoportok felett, ezek a *flerek*. Hale érdeme az is, hogy szerte a világon több spektrohélioszkópot adományozott egyes obszervatóriumoknak, elérve ezáltal, hogy a Nap állandóan megfigyelés alatt álljon.

Hamarosan kiderült, hogy a Földön megfigyelhető hatások okozói nem a napfoltok, hanem a flerekből származó részecskesugárzás, valamint ibolyántúli és röntgensugárzás-növekedések. Az űrkutatás megindulása óta végzett megfigyelések bebizonyították, hogy a flerekben a napfoltok mágneses terében felhalmozódott energia szabadul fel, a naplégkör kromoszféra feletti részében, a napkoronában. Itt ekkor a hőmérséklet elérheti az 50—70 millió fokot is, ez okozza a fokozott ibolyántúli és röntgensugárzást. A nagy hőmérséklet és a mágneses terek kölcsönhatása nagyenergiájú részecskesugárzást is eredményez, ez egyrészt a mágneses erővonalak mentén lefelé haladva a kromoszféra hevíti fel, létrehozva a hidrogénfényben látható jelenségeket, másrészt a bolygóközi térbe kijutva elérheti a Föld környezetét, geomágneses zavarokat, mágneses vihart okozva. (Az utóbbi évek megfigyeléseiből kiderült, hogy kisebb mágneses háborgásokat a napkoronában fellépő más folyamatok, az ún. *koronakitörések* is okozhatnak, de az igazán nagy zavarok okozói a flerek.)

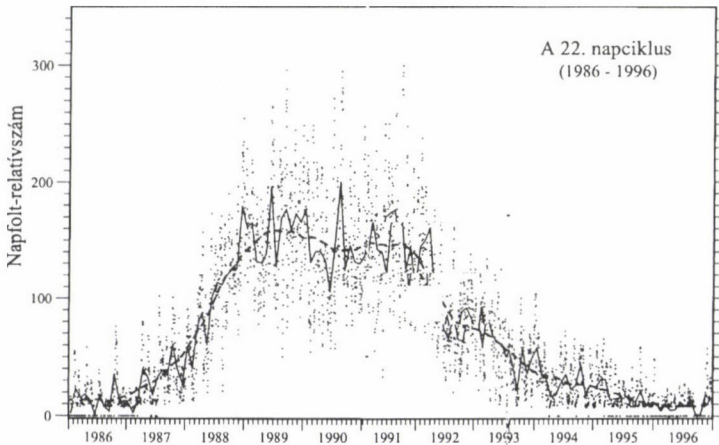
A napszolgálat

A közvetlen gyakorlati hatások miatt szerte a világon sok obszervatórium figyeli a Napot, ezenkívül műholdak is mérik a légkör aljáról megfigyelhetetlen ibolyántúli és röntgensugárzást. A naptevékenységnek több mérőszáma is van, amelyeket felhasználnak a földi hatások előrejelzésére. Ezek közül a legrégebb a már említett napfolt-relatívszám, emellett használják a napfoltok összterületét (ezt a látható napfelszín milliomod részében szokás megadni), vagy a Nap 10,7 cm hullámhosszúságú rádiósugárzásának intenzitását (ez tulajdonképpen a napkorona állapotával függ össze). A flerek jellemzésére két fő index szolgál, az egyik a hidrogénfényben mért terület nagysága alapján öt kategóriába osztja a flert, a legnagyobb a 4, a legkisebb a „szubfler”, az S, ehhez még egy betűjelzés járul, amely a fényességet jellemzi (Normal, Faint, Bright). A másik fler-index

a 0,1—0,8 nm hullámhossztartományban, műholdakról mért röntgensugárzás fluxusát jelzi, egy betűvel és egy számmal. A betű egy tízes hatványt jelent, a legnagyobb fterek esetén ez X, ami 10^{-4} W m^{-2} röntgenfluxust jelent a földi légkör külső határán, az M 10^{-5} W m^{-2} , a C 10^{-6} W m^{-2} ; a szám pedig szorzótényező, amivel a betű által jelzett fluxust kell megszorozni. Mindkét index fontos jellemzője egy fternek, így együttesen szokták megadni, pl. az 1997. nov. 6-i 2B/X9,4 fter.

Az adatokat a Boulderben (USA, Colorado) lévő világadatközpont gyűjti össze, és teszi hozzáférhetővé a felhasználók számára. A legfrissebb adatok is hozzáférhetők az Interneten a <http://www.sel.bldrdoc.gov/today.html> címen. Az adatközpont az amerikai Nemzeti Óceán- és Légkörkutató Intézet (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) keretében működik, feladata az adatok gyűjtésén kívül azok archiválása és előrejelzések készítése. Az egyes napfoltcsoportoknak számjelzést adnak, és a további feldolgozások, vizsgálatok során a kutatók gyakran hivatkoznak a napfoltcsoport, aktív vidék NOAA számára, a továbbiakban itt is ezt a jelölést használjuk.

Wolf óta sok megfigyelés gyűlt össze a naptevékenységről, ő számozta meg a régi megfigyelési anyagokból kirostált napciklusokat, az 1755-ben kezdődött jelölve egyes számmal. A napfoltciklusok elejét és végét jelző minimumokat a 13 hónapos mozgó átlagolással képzett simított napfolt-relatívszámok alapján állapítják meg, ezért gyakorlatilag legalább egy év eltelik, míg valóban azt lehet mondani, hogy túlvagyunk a minimumon. Nemrégiben, 1996 májusában fejeződött be a 22. napciklus, ekkor a simított relatívszám 8,0-ra esett vissza, 1996 végén sokszor hetekig egy folt sem volt látható a Napon. A ciklus lefolyását



1. ábra

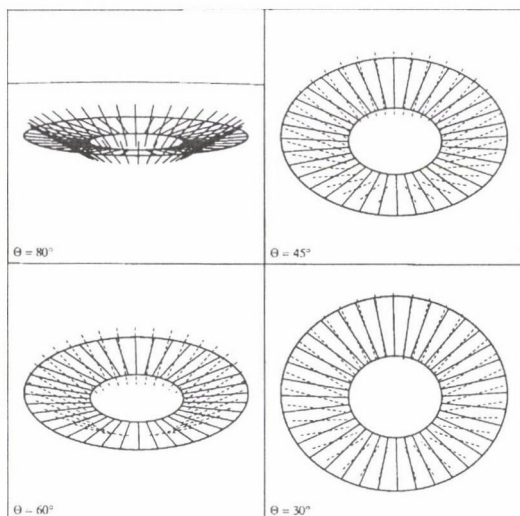
A 22. napciklus lefolyása. A pontok az egyes napokon meghatározott napfolt-relatívszámokat jelzik, a folytonos vonal a havi közepes relatívszám, míg a szaggatott vonal a simított havi közép.

az 1. ábra mutatja, amelyen az is látható, hogy bár a maximum 1989 közepére esik, a naptevékenység egészen 1991 végéig elég magas szinten maradt, és csak azután kezdett csökkenni. Az is jól látszik, hogy a 22. ciklus csak 10 évig tartott. Mindegyik ciklusnak megvannak a maga érdekességei. Az MTA Csillagászati Kutatóintézetének debreceni Napfizikai Observatóriumában ez

már a negyedik napfoltmaximum, amelynek során rendszeres fotografikus észlelések készültek a Napról. 1954 óta folynak a rendszeres napészlelések minden valamennyire is derült napon, 1958 óta Debrecenben, sőt, 1971-ben Gyulán, az ottani viztorony tetején is létesített egy napmegfigyelő állomást az Observatórium, amelynek nagyobb talajszint feletti magassága (43 m) csökkenti a talaj közeli légköri turbulencia képrontó hatását, jobb napfelvételeket eredményezve. Az Observatóriumban közel százezer felvétel gyűlt össze eddig. A jelentősebb foltcsoportok nemzetközi együttműködésben végzett feldolgozása alapján írjuk le néhányat a tulajdonságait, és az ebből levont következtetéseket.

A napfoltok és napfoltcsoportok szerkezete

Ma már elég jól ismerjük az egyedülálló, szabályos napfoltok szerkezetét. Ezek kör alakúak, közepén a sötétebb *umbrával*, amelyet a kevésbé sötét, többnyire sugárirányú szálakból álló *penumbra* vesz körül. Az umbrában a mágneses tér közel merőleges a napfelszínre, míg a penumbrában szétterül, sugárirányban kifelé hajlik (2. ábra). A napfolt oka maga a mágneses tér, a



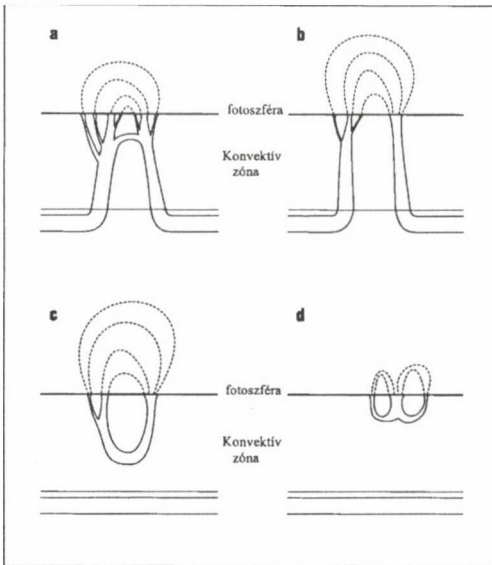
2. ábra

Egy szabályos kerek napfolt és mágneses terének vázlata. A belső kör az umbra, a külső a penumbra határa, a kettő közötti sugárirányú folytonos vonalak a penumbraszálak. A szaggatott vonal a mágneses tér iránya, amely a felszínnel 30-os szöget zár be. A bal alsó sarokban jelzett Θ szög a heliocentrikus szögtávolság a napkorong középpontjától, ha $\Theta = 0$, akkor merőleges rálátásban, „felülről” szemléljük a foltot, ha $\Theta = 90$, akkor benne vagyunk a napfelszín síkjában. A penumbraszálak és a mágneses tér ugyanabban a felszínre merőleges síkban van, de mivel a mágneses tér a felszínnel szöget zár be, a napkorong széle felé haladva (a Θ növekedésével) romlik a kettő egybeesése.

Nap anyagának jó elektromos vezetőképessége miatt a magneto-hidrodinamika alaptétele, az ún. befagyási tétel érvényesül: az anyag mozgása nem metszheti a mágneses erővonalakat; a mágneses tér és az anyagmozgások közül amelyiknek nagyobb az energiája, az határozza meg a másik összetevő mozgását. A felszín közelében a napfoltok umbrájában található 0,2–0,4 Tesla erősségű mágneses tér meg tudja akadályozni a konvekciós mozgást, ezáltal kevesebb energia jut a felszínre, és emiatt kb. 2000 fokkal kisebb a hőmérséklet az umbrában. A penumbrában a mágneses tér gyengébb, ezért valamilyen konvekciós mozgások létezhetnek. Ezek formája sokáig ismeretlen volt, egyrészt a mágneses tér pontos szerkezete sem volt ismert, másrészt a mozgások vizsgálatát is gátolta a kis felbontóképesség (a penumbraszálak szélessége mindössze néhány száz kilométer). Látszólagos ellentmondás volt a tekintetben,

hogy a szerkezetnek a mágneses tér iránya szerint kellene rendeződni, ami a felszínnel 30–60 fokos szöget zár be, míg a penumbraszálak a felszínen vannak. Felülről nézve jó volt az egyezés a mágneses tér és a penumbraszálak iránya közt, de ez romlott a napfoltoknak a napkorong középpontjától mért távolságával. [1]. A legutóbbi években derült fény a folyamatokra: a penumbrában a konvekciós mozgások vízszintesek, a mágneses tér (és vele együtt az anyag) legyezőszerűen mozog a napfolt tengelyén átmenő, a felületre merőleges síkban, a világosabb penumbraszálakban a mágneses tér nagyobb szöget zár be a felszínnel, míg a sötétebbekben majdnem párhuzamos vele.

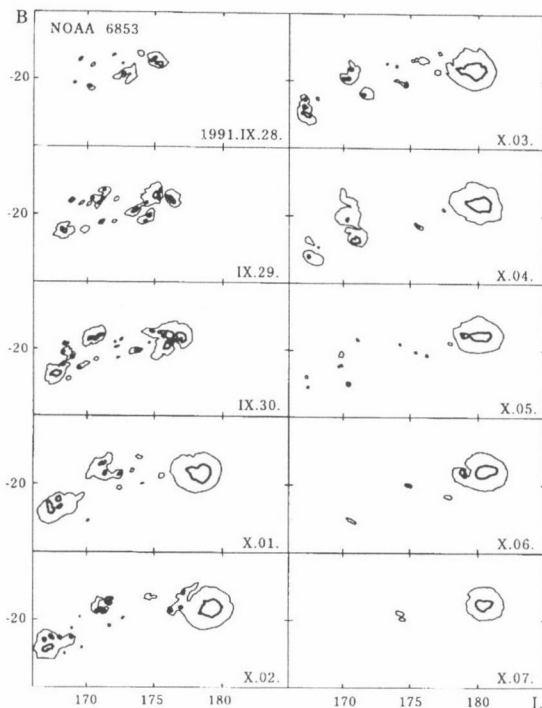
Természetesen merül fel a kérdés: honnan ered a napfoltok mágneses tere? Mai tudásunk szerint a Nap felszíne alatti, kb. 200 000 km vastagságú konvektív zónában, a turbulens konvekció és a zóna nem egyenletes forgási sebessége, a *differenciális rotáció* működteti azt a dinamót, amely a mágneses teret létrehozza. Az említett mozgások a konvektív zóna aljának közelében a Nap egyenlítőjével nagyjából párhuzamos mágneses fluxuscsoveket hoznak létre (itt a mozgások ragadják magukkal a mágneses teret). A tér erősödésével a sűrűség csökken a fluxuscsovekben, így nő a rájuk ható felhajtóerő. Egy kritikus értéket elérve, különböző instabilitások következtében az erővonalcsövről egy íves hurok alakul ki (ún. Ω -hurok), amely néhány hét alatt bukkan a felszínre. Felúszása közben a konvektív mozgások és a közegellenállás vékonyabb szálakra is bonthatja a hurkot (3. ábra a., b.), amely a felszínen mint



3. ábra

Keresztmetszeti rajzok a Nap konvektív zónájáról, a napfoltokat létrehozó mágneses erővonalhurok fejlődésének különböző szakaszaival (lásd a szövegben).

napfoltcsoport jelenik meg. Először egymáshoz közel bukkannak fel ellentétes polaritású kis foltok, majd ahogy az erővonalhurok tovább emelkedik, ezek távolodnak egymástól. A foltcsoport tengelye és a mozgások iránya nagyjából párhuzamos a Nap egyenlítőjével, pontosabban minél nagyobb a heliografikus szélesség, annál nagyobb szöget zár be vele, ezt a Coriolis-erőnek tulajdonítják. Így fejlődik ki egy tipikus, bipoláris foltcsoport, amelyre egy példa a 4. ábrán



Egy kis, szabályos bipoláris napfoltcsoport (NOAA 6853) fejlődése, naponkénti mérések alapján. (L, B - heliografikus hosszúság, ill. szélesség).

bemutatott NOAA 6853. Megfigyelhető a Nap forgásiránya szerint elől haladó, vezető részben a kis umbrák gyors, előrehaladó, összetartó mozgása és összeolvadása egy nagyobb, szabályos, stabil folttá, míg a követő rész szétszórtabb marad. A vezető folt növekedése abbamarad az előremozgás megszűntekor, a követő rész pedig hamarosan eltűnik. A legtovább a szabályos, stabil, vezető foltok maradnak meg. A feltevések szerint a felbukkanó hurok alja lefűződik, egy ún. O-hurok alakul ki (3. ábra c.), majd ahogy a konvektív mozgások a követő részt szétszórják, a vezető szabályos folt mágneses erővonalai a környezetében zárulnak (ω -hurok, 3. ábra d.). A turbulens mozgásoknak feltétlenül szerepe van a napfoltcsoportok mágneses terének megszűnésében, mivel a Nap anyagának vezetőképességét figyelembe véve a magneto-hidrodinamikai egyenletek több évtizedet adnak egy napfolt mágneses terének élettartamára, a valóságban pedig a legnagyobb napfoltok sem tartanak néhány hónapnál tovább.

A konvektív zónában lassan felfelé úszó mágneses erővonalköteg a felaprózódáson kívül komolyabb torzulásokat is szenvedhet a mozgások hatására. Így alakulhatnak ki a viszonylag ritka, de annál jelentősebb bonyolult mágneses szerkezetű, komplex napfoltcsoportok. Ezek az összes napfoltcsoportok számának mindössze kb. 1%-át teszik ki, mégis ezekben zajlanak le az igazán nagy flerek, ez indokolja részletes vizsgálatukat. Nem minden komplex napfoltcsoport aktív, így fejlődésük tanulmányozásával meg lehet állapítani, hogy mely tulajdonságok vezetnek a fokozott fler-aktivitáshoz. A komplex foltcsoportok kialakulásának gyakori esete, ha új foltok bukkannak fel már létező aktív vidékekben, erre a kutatások szerint egyébként tíz-hússzor nagyobb az

esély, mint folt nélküli területen, a felúszó mágneses hurok megkönnyíti egy újabb felbukkanását. A komplex napfoltcsoport fejlődése, a foltok mozgása így a felszín alatti rétegekről is ad információt.

A napfoltok mozgásának mérése

A napfoltok koordinátáinak a meghatározása a Napról készült felvételeken nem egyszerű feladat. A Napon nincs olyan rögzített pont, mint a Földön Greenwich, vagy a Holdon a Mösting A kráter. A heliografikus („naprajzi”) hosszúságot és szélességet ezért egy elvont koordináta-rendszerben mérik, amelyet R. C. Carrington határozott meg 1853—1861 közti megfigyeléseiből, és azóta is ez van használatban. Könyvében [2] rögzíti a Nap forgástengelyének helyzetét az égi koordináta-rendszerben, megállapítja a Nap közepes forgási sebességét, és meghatároz egy kezdő meridiánt, amely 1854. január 1-jén haladt át a Nap egyenlítőjének felszálló csomóján. A csillagászati évkönyvek rendszeresen közlik minden napra azt a három adatot, amelyek meghatározzák a Carrington-féle koordináta-rendszert: a Nap tengelyének helyzetét az égi északi irányhoz képest, valamint a napkorong középpontjának heliografikus koordinátáit. A következő probléma a fényképek pontos kimérése. A kerek napkorongról készült képen egy valódi pókfonalból készült fonálkereszt jelöli ki az égtájakat. Mivel ez a távcsőhöz van rögzítve, amelynek felállítása nem tökéletes, a fonálkereszt és a valódi északi irány által bezárt szög néhány század fokos napi és éves menetet mutat, amely kimérése után figyelembe vehető. Ugyancsak figyelembe kell venni a fényképező távcső optikai rendszerének kis torzításait, de legjobban a földi légkör torzízza a napképet. A látóhatár közelében szabad szemmel is jól láthatóan ellipszis alakú a napkorong, de ez a torzulás kisebb mértékben magasabb napállásnál is bekövetkezik. Nem elég tehát a 10 cm átmérőjű napképeken 0,01 mm pontossággal kimérni a koordinátákat, mindezeket a szisztematikus hibákat is figyelembe kell venni. A Napfizikai Observatóriumban a Dezső Lőránt által 1989-ben elkezdett program eredményeként az Observatórium kutatóinak évtizedes munkájával tökéletesedett a feldolgozási módszer annyira, hogy ma a világon elismerten a legpontosabb heliografikus koordinátamérések Debrecenben történnek.

A számítógépek gyors fejlődése azt is lehetővé tette, hogy nemcsak a foltok középpontja, hanem a foltcsoportok körvonala is kimérhető, ezáltal a napfoltcsoport képe a Nap forgásából eredő geometriai torzítástól mentesen felrajzolható, ahogy az aktív vidék 13—14 nap alatt végighalad a napkorongon. A foltcsoportokról bemutatott ábrák ezzel a módszerrel készültek, 1500—2000 pont kimérésével és feldolgozásával.

Néhány komplex foltcsoport 1989—91-ből

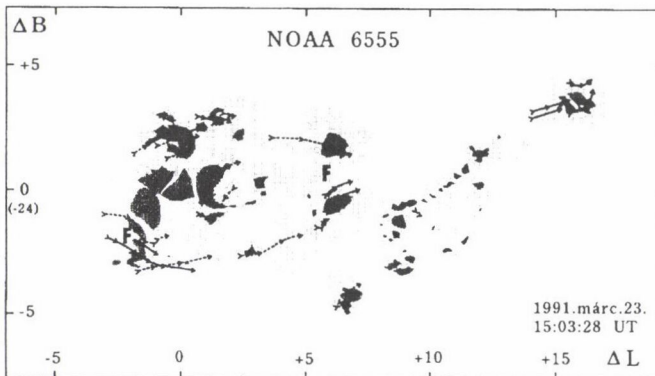
Amint az 1. ábrán látható, a 22. naptevékenységi ciklus maximuma elhúzódtott, a napfoltok száma 1989-ben és 1991-ben volt a legmagasabb, közben egy kis csökkenéssel, a ciklus leszálló ága 1991 végén kezdődött. Bár már 1988-ban is nagy volt az aktivitás, 1989 márciusának első felében egy hatalmas napfoltcsoport (NOAA 5395) vonult végig a napkorongon, a benne történő egyik

fler a rendszeres geomágneses mérések kezdete, 1868 óta a legnagyobb háborgást okozta a Föld mágneses terében. Sajnos, Debrecenben és Gyulán borult volt ekkortájt az idő, így nem készült használható megfigyeléssorozat erről a napfoltcsoportról, amely mind formájában, mind fejlődésében meglepően hasonlított a több, mint két évvel később, a napfelület majdnem ugyanazon a helyén megjelenő, a továbbiakban részletesen leírt NOAA 6659-re. A hatalmas mágneses vihar nagy károkat okozott a földi mágneses sarok közelében, Kanadában és az Egyesült Államokban [3,4], pl. Egy New Jersey-i atomreaktor 500 kV, 1200 MVA transzformátora a több ezer amperes indukált földáramok miatt leégett. Ez a berendezés egymaga 10 millió dollárba került, a mágneses vihar okozta teljes veszteséget 3–6 milliárd dollárra teszik [5]. Ez a mágneses vihar, és a későbbiekben leírt „kisebbek” ráébresztették a mérnököket arra, hogy komolyan gondolni kell a Nap által okozott zavarokra, amelyek a rendszeres napmegfigyelésekkel előre jelezhetők, és így a károk csökkenthetők. Szerencsére Magyarország nincs ennyire fenyegetett helyen, így nálunk a „nagy” mágneses viharok hatása sem jelentős [6].

A továbbiakban, 1989-90-ben több nagy napfoltcsoport volt még látható, de ezek többé-kevésbé szabályos bipoláris csoportok voltak, így aktivitásuk nem volt annyira látványos. 1991 márciusában jelent meg a napkorong keleti szélén a NOAA 6555, amely szintén komoly mágneses vihárt okozott március 24-én. Ami rendellenes volt ebben a csoportban, hogy új umbrák, új mágneses fluxus bukkant fel egy régi, töredezett napfolt követő oldalán, és ezek az új foltok „körülfolyták” a régit [7]. A nagyobb flerek az ellentétes mágneses polaritású umbrák összeütközései helyén lobbantak fel (5. ábra).

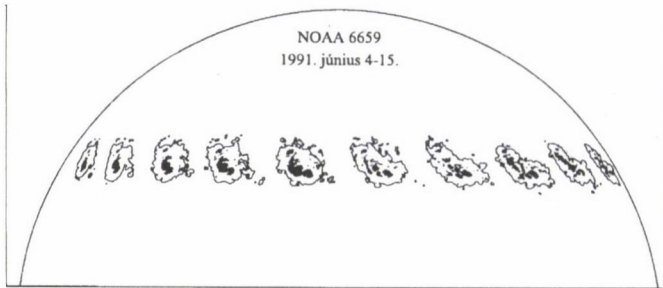
Ezután, 1991. júniusában következett a 22. napciklus leglátványosabb tü-

5. ábra



Mozgások a NOAA 6555 napfoltcsoportban. Ezen az ábrán és a 7–8. ábrákon a koordináták egy nyugodt, öreg napfoltéhoz vannak viszonyítva, amelynek helyzetét kereszt jelzi. A foltok pályáján a nyílhegyek az egymás utáni napokon 12:00 világidőkor elfoglalt helyet jelzik, a pálya a vezető polaritású foltoknál folytonos, a követőknél szaggatott vonal. A világosabb szürke terület a penumbra, a sötétebb az umbra. A nagy flerek helye F-fel van jelölve. Az időpont a foltcsoport-rajzra vonatkozik.

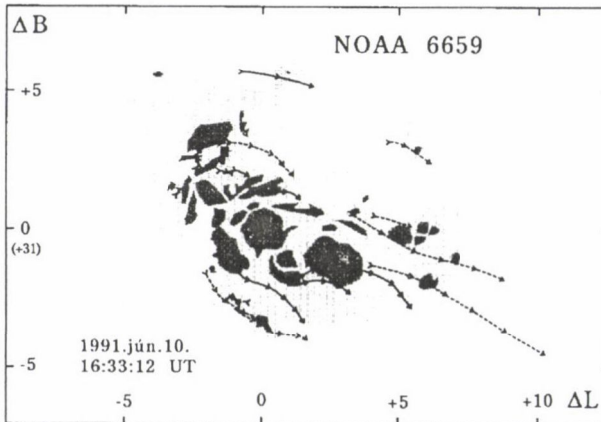
zijátéka, amelyet a már említett NOAA 6659 produkált. Ez a foltcsoport már két hónappal korábban keletkezett, és bár a foltok szokatlan elhelyezkedése (észak-déli irányban, a szokásos nagyjából kelet-nyugati helyett) és az egymást majdnem érintő, ellentétes polaritású umbrák aktív napfoltcsoportra utaltak, az első két körülfordulás alatt jelentős flerek nem történtek. Megváltozott azonban a helyzet júniusra (6. ábra): a foltcsoportban gyors változások zajlottak,



6. ábra

Rajzok a NOAA 6659-es napfoltcsoportról, amint a Nap forgása következtében végighalad a napkorongon. Látható, hogy ezalatt mind a rálátás, mind a fejlődés miatt jelentősen változik a formája.

Új mágneses tér kezdett felbukkanni egyenesen a csoport közepén. Ez ahhoz vezetett, hogy majdnem szabályosan kétnaponta hatalmas flerek zajlottak a NOAA 6659-ben [8]. 1972 óta, amióta mérik a Nap röntgensugárzását, még összesen nem volt annyi X10-es és annál nagyobb fler, mint amennyit ez az aktív vidék egymaga produkált (hatott a látható félgömbön, további négyet a Földtől elfordult oldalon, ezeket az Ulysses űrszonda észlelte). Az új foltok mozgása (7. ábra) szintén emlékeztetett az előzőre, itt is körülfojták a régi, nagy umbrát, de itt az újak közvetlenül „beszorultak” a szorosan összetapadt

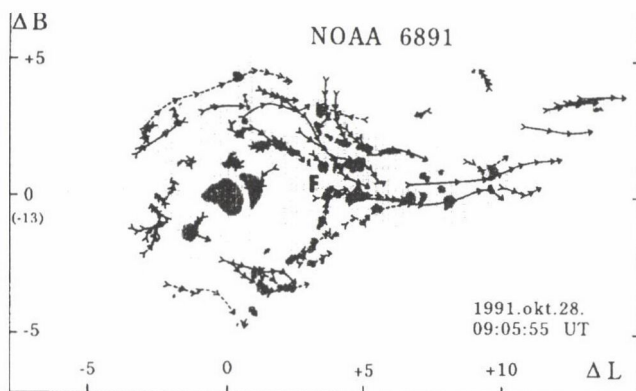


7. ábra

Mozgások a NOAA 6659-ben. A jelöléseket l. az 5. ábra aláírásában.

bipoláris foltcsoport közepén az ellentétes polaritású nagy umbrák közé, ez magyarázhatta a szokatlanul nagy aktivitást. Érdekes, hogy ebben a foltcsoportban kevés kis fler volt (ezek általában jóval gyakoribbak), ha volt, akkor többnyire nagyon nagy fler jelentkezett.

Bár többnyire igaz, hogy a nagyon aktív foltcsoportok egyben bonyolult mágneses szerkezetűek, a tétel megfordítása, azaz hogy a bonyolult csoportok egyben aktívak is, nem feltétlenül. Cseh kollégákkal több bonyolult aktív vidéket vizsgáltunk, amelyek nem mutattak jelentős aktivitást (NOAA 6850, 7216, 7220, 7248). Ezekben az volt a közös, hogy a megjelenő új foltok nagyobb távolságban bukkantak fel a régiektől, mint az aktív foltcsoportokban (ahol közvetlenül érintkeztek, vagy egyenesen a foltcsoport közepén jelentek meg), ezenkívül az új foltok mágneses tere nem lépett kölcsönhatásba a régiekével (ez a napkorona röntgentartományban készült képein látszik). A NOAA 6850 esetében [9] bár az új vezető polaritású folt össze is ütközött a régi követő polaritással, az



8. ábra

Mozgások a NOAA 6891-ben. A jelöléseket I. az 5. ábra aláírásában.

utóbbi inkább elsüllyedt, de nem lépett kölcsönhatásba az újjal. Lehetséges, hogy ez a mozgás „kötött csomót” a felszín alatt a mágneses erővonalakra, mert legközelebbi megjelenésekor (1991 októberében) ez a foltcsoport, már mint NOAA 6891, nagyon aktív volt [10]. A régi foltcsoportból megmaradt nagy umbrákat ebben is körülfolyták a mögöttük keletkező új foltok (8. ábra), de mivel a keleti oldalon csak kisebb foltok voltak, az igazi nagy flerek megint az „összefolyásnál”, a különböző polaritású foltok összeütközésénél alakultak ki, ezeket követte egy jelentősebb mágneses vihar október 28-án.

Tanulságok

A 22. napciklusban tovább folytatódott a naptevékenység intenzív kutatása, hogy megértsük a napfoltokban és flerekben lezajló fizikai folyamatokat, ezáltal hosszabb távon előrejelezhetővé téve a földi hatásokat. Az új úreszközök mellett a földi megfigyelések is fontos szerepet játszottak ebben a munkában, a foltcsoportok fejlődésének, a fler-aktivitáshoz szükséges feltételeknek a felderítésével. Az aktív vidékekben kialakuló napfoltcsoportok fejlődésének vizsgálata alátámasztja a 3. ábrán bemutatott elképzelést: a napfoltok egy darabig kapcsolatban vannak a mélyebb rétegekkel, ahonnan mágneses terük származik, de ez a kapcsolat előbb-utóbb megszűnik (ez mozgásuk jellegének megváltozásában látszik), és a felszínhez közeli, a fotoszféra tetején úszó képződményekké válnak (Ω -O- ω hurok), amelyet a konvekciós mozgások végül is szét-szórnak.

A fler-aktivitáshoz sokáig elegendőnek tartották a bonyolult mágneses szerkezetet, a nagy mágneses gradienst (az egymáshoz nagyon közeli, ellentétes polaritású umbrákat), a gyors mozgásokat. A jelenlegi vizsgálatok kiderítették, hogy ez mind nem elég, szükséges, hogy új mágneses fluxus bukkanjon fel, és ez lépjen kölcsönhatásba a régivel.

A bonyolult napfoltcsoportok kutatása az OTKA T 015761 és T 025737 sz. pályázatok támogatásával történt.

IRODALOM:

- 1 *Kálmán B.*: Vector magnetic field measurements and penumbral structure. *Solar Physics*, Vol. 135, p. 299 (1991).
- 2 *Carrington, R. C.*: Observations of the Spots on the Sun.... Williams and Norgate, London, 1863.
- 3 *új. Kálmán B.*: Napjaink új tudománya: a Nap—Föld fizika. *Magyar Tudomány*, 1991. okt., XCVIII. kötet, 1177. old.
- 4 *Alpár L.*: Nagy mágneses viharok fenyegetik a Földet. *Magyar Tudomány*, 1991. febr., XCVIII. kötet, 226. old.
- 5 *Kappeman, J.G.*: Geomagnetic Storms and Impacts on Power Systems. <http://www.mpelectric.com/storms/>
- 6 *Verő J., Wesztergom V.*: Fenyegetik-e Magyarországot a mágneses viharok? *Magyar Tudomány*, 1991. okt., XCVIII. kötet, 1191. old.
- 7 *Fontenla, J.M., Ambastha, A., Kalman, B., Csepura, Gy.*: The magnetic evolution of AR 6555 which led to two impulsive, relatively compact, X-type flares. *Astrophysical Journal* Vol. 440, p. 894. (1995)
- 8 *Bumba, V., Klvana, M., Kálmán, B., Győri, L.*: Evolution, activity, magnetic fields, line-of-sight and proper motions in the solar active region NOAA 6659 (June 3—16, 1991). *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 276, p. 193. (1993)
- 9 *Bumba, V., Klvana, M., Kálmán, B.*: NOAA 6850: an inactive delta-configuration and its magnetic and velocity fields. *Astronomy and Astrophysics, Suppl. Series*, Vol. 109, p. 355. (1995)
- 10 *Kálmán B.*: Flow patterns around old sunspots and flare activity. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 327, p. 779. (1997)

Következő számunk tartalmából:

Tudomány és politika a magyar századokban

A magyar államiság ezeréves történetének olyan újabb csomópontjaihoz kötődik augusztusi számunk ünnepi összeállítása, amelyek egyaránt simulnak a tudomány, illetve a politika újabb kori magyar történetébe.

Ünnepi összeállításunk tartalmából:

Richard Plaschka: Árulás és lázadás Magyarországon és környezetében

Szabadváry Ferenc: Természettudományok a magyar barokk korában

M. Durand-Delga: Francia—magyar geológiai kapcsolatok

Romány Pál: Agrárpolitika a századfordulón

Nagy Miklós Mihály: Jeles magyar katonautazók

Hajdú Zoltán: Magyarország vízenergiapolitikája (1870—1980)

Bodri Ferenc: Egy arcél József Attila környezetéből

Miskolczi Ambrus: Eltűnt akadémikusok nyomában: Zolnai Béla és A magyar stílus

N. Szabó József: Tisztogatások a magyar felsőoktatásban (1946—1948)

Kürti László: Elvégzetlen magyarságkutatás az Egyesült Államokban

Valki László: EU-szuverenitás — Magyarország kilátásai

Hibaigazítás

Sajnálatos módon kimaradt egy teljes mondat előző számunkban *Márta Ferenc*: A kémia lehetőségei és feladatai c. tanulmányából. A *Magyar Tudomány* 1999. júniusi száma 654. oldalának tetejéről lemaradt szövegrész úgy szól: „Ha nem is ennyire látványos, de fontos eredmények születtek az emberi test különböző szerveinek pótlását szolgáló anyagok kifejlesztésében. Különböző ötvözetek....”

Elnézést kérünk a szerzőtől és olvasóinktól.