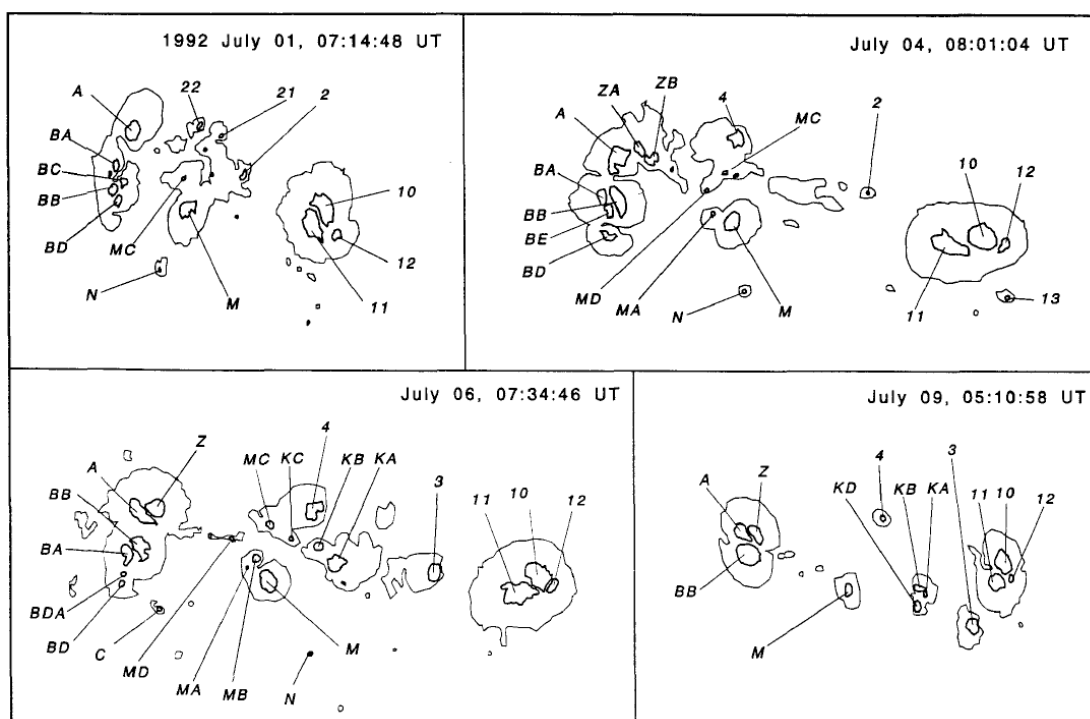


## 5. A régi és az új aktivitás kölcsönhatása

Napfoltok és napfoltcsoportok nem egyforma valószínűséggel bukkannak fel akárhol a Nap felszínén. Ha figyelembe is vesszük a foltcsoportok megjelenésének a napciklussal való változását (pillangó-diagram), akkor is az új mágneses fluxus nagyobb valószínűséggel bukkannak fel a már létező foltcsoportok belsejében. Az erre vonatkozó kutatások tízszerestől (Liggett & Zirin 1985) 25-szörösre (Harvey & Zwaan 1983) terjedő gyakoriságot mutattak ki. Ez valószínűleg összefüggésben van az aktív vidékek csoportos megjelenési tendenciájával, az „aktív komplexumokkal” (Bumba & Howard 1965, Gaizauskas et al. 1983, Gaizauskas 1993, [46, 47]), amelyekben hosszabb idő során folyamatosan bukkannak fel újabb és újabb mágneses tér, számos aktív vidéket létrehozva. Ennek során, a régi és az új aktivitás kölcsönhatását megfigyelve következtetéseket lehet levonni a fluxuscsovek mozgására a konvektív zónában (Tanaka 1991), amely réteg a közvetlen megfigyelés számára hozzáférhetetlen, csak az újabb hélioszeizmológiai vizsgálatok segítségével lehet (igaz, elég rossz felbontással) feltérképezni az ottani mozgásokat (Zhao, Kosovichev & Duvall 2001). E sorok írójának kandidátusi disszertációjában [11a] egyik új eredményként szerepel, hogy a régi és az új aktivitás foltjai mozgásuk alapján megkülönböztethetők: az új  $p$ -polaritás gyorsan előre (nyugat felé) mozog, az új  $f$ -polaritás lassabban hátra, az öreg foltok pedig gyakorlatilag állnak, vagy kaotikusan mozognak felbomlásuk során.

### 5.1. A létező foltcsoportokban felbukkanó új aktivitás



45. ábra. A NOAA 7216 aktív vidék umbráinak jelölése. Szám -  $p$ -, betű -  $f$ -polaritás

Több, bonyolult szerkezetű napfoltcsoportban a fejlődésüket vizsgálva az derült ki, hogy az új mágneses terek, új aktivitás felbukkanása bonyolította a csoport szerkezetét. Eközben a különböző polaritású umbrák mozgásában érdekes kölcsönhatások és szokatlan mozgások voltak megfigyelhetők.

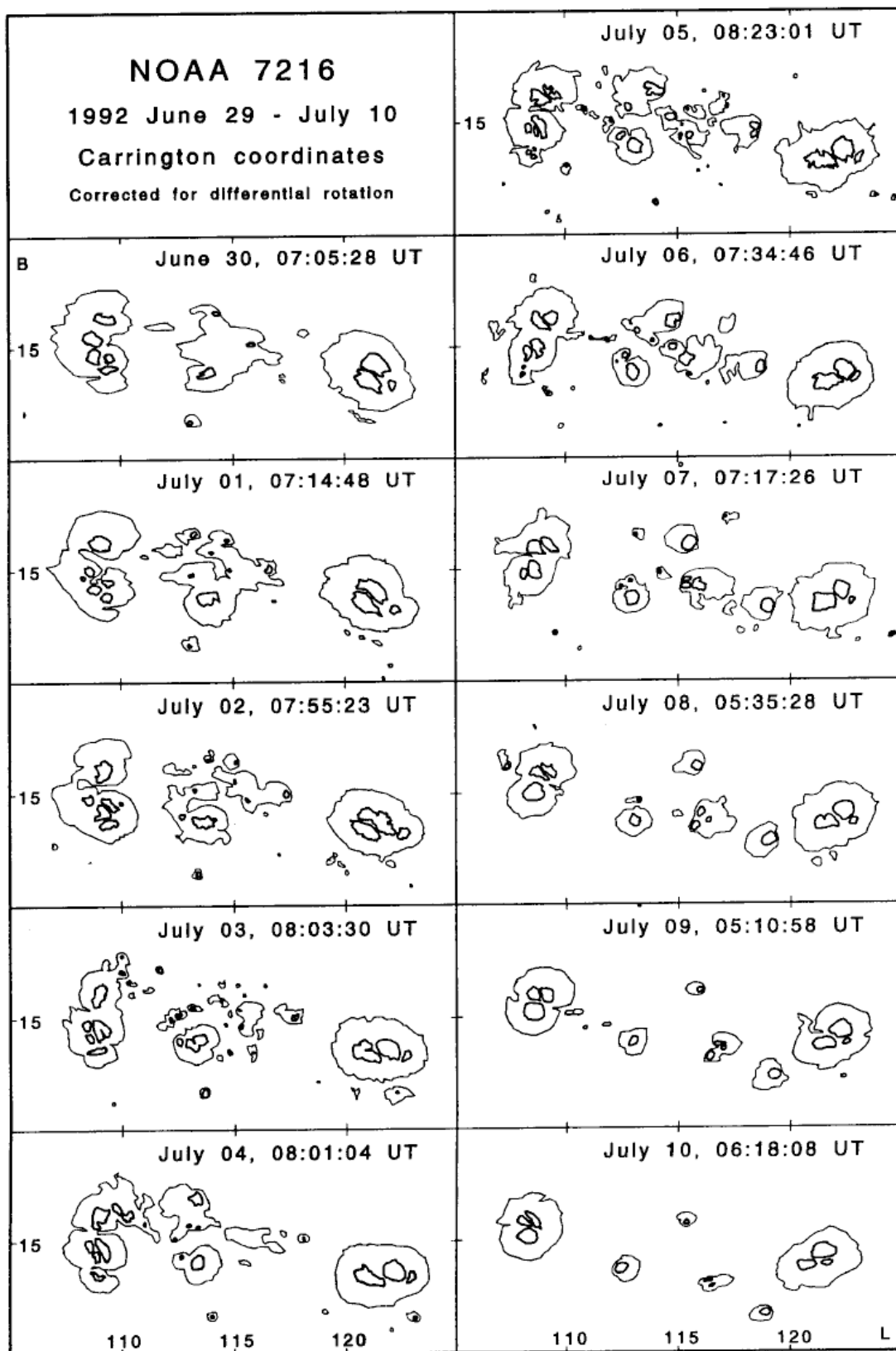
Ilyen volt a NOAA 7216 aktív vidék (1992. jún. 29 - júl. 10.; 45-48. ábra) [48]. Ebben egy tág dipólszerkezet (*10, 11, 12 - A, B* töredékek, 45. ábra) közepén már a kezdetben is vannak mindkét polaritású foltok, de júl. 3-tól új dipólok kezdenek felbukkanni (46. ábra). Ezek változatos mozgást végeznek (47. ábra), amelyek alapján 6 cella különíthető el a napfoltcsoporton belüli mozgásokban (48. ábra).

A *10* és *ABC* cellák képezik az öreg dipólt, amelyek a kifejlett napfoltcsoportra jellemző mozgásokat mutatják: a *10* cella umbrái a vezető folt többrészes umbrájának részei (*10, 11, 12*) és egy kis szatellit folt (*13*), ami a *p*-foltok szokásos előre mozgását mutatja. Az öreg vezető foltban lévő umbrák forgó mozgása is tipikus, mint már Waldmeier (1955, p.170) is említi. Az *ABC* cella a szétszórtabb fő követő rész umbráinak és a kis szatellit *C* foltnak kaotikus, de alapvetően hátrafelé irányuló mozgását mutatja.

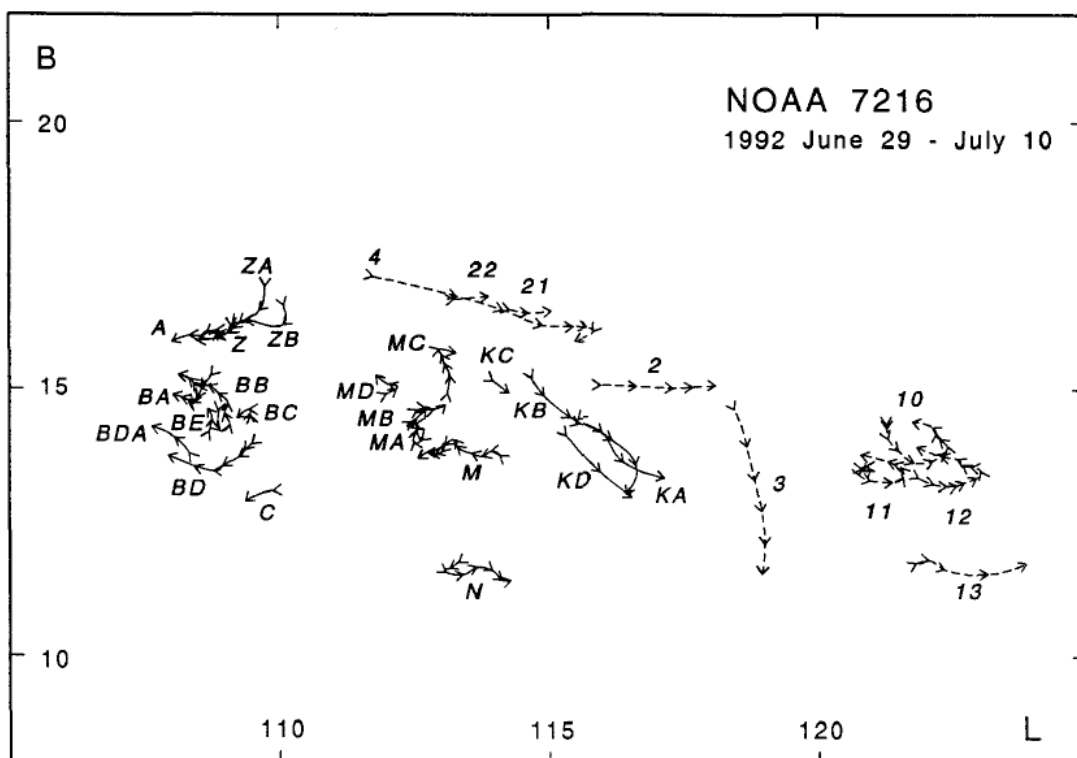
A középrészben a *20* és *MN* cellákban az umbrák mozgása polaritásuknak megfelelően történik: a *20* cella kis *p*-umbrái viszonylag gyorsan ( $\sim 100 \text{ m s}^{-1}$ ) előre mozognak, az *MN* cella tagjainak pályája inkább kaotikus, és sebességük egy nagyságrenddel kisebb, mint az előzőké. Ezek a mozgások jellemzők a kifejlett, öreg napfoltcsoportokra.

Észrevehetően eltér az öreg foltok mozgásától az újonnan felbukkanó dipólok (*3-K, 4-Z*) tagjainak mozgása, ami függ a foltcsoporton belül elfoglalt helyüktől is. A *4-Z* cella a foltcsoport északkeleti részén bukkan föl júl. 3-án, fejlődését és mozgását nem gátolja semmi, mivel a kis *21, 22* umbrák ekkorra már eltűntek. A gyorsan növekvő *4* umbra ezért háborítatlanul mozoghat előre, a kezdetekben sebessége eléri a  $200 \text{ m s}^{-1}$ -ot is. Később szabályossá válik és lelassul, végül csökkenni kezd, és júl. 10-én visszafordul. A dipól *f*-része (*ZA, ZB*) vonzódik a közelében lévő, hasonló polaritású *A* umbrához, júl. 5-től kezdve azzal együtt mozognak, de nem olvadnak össze.

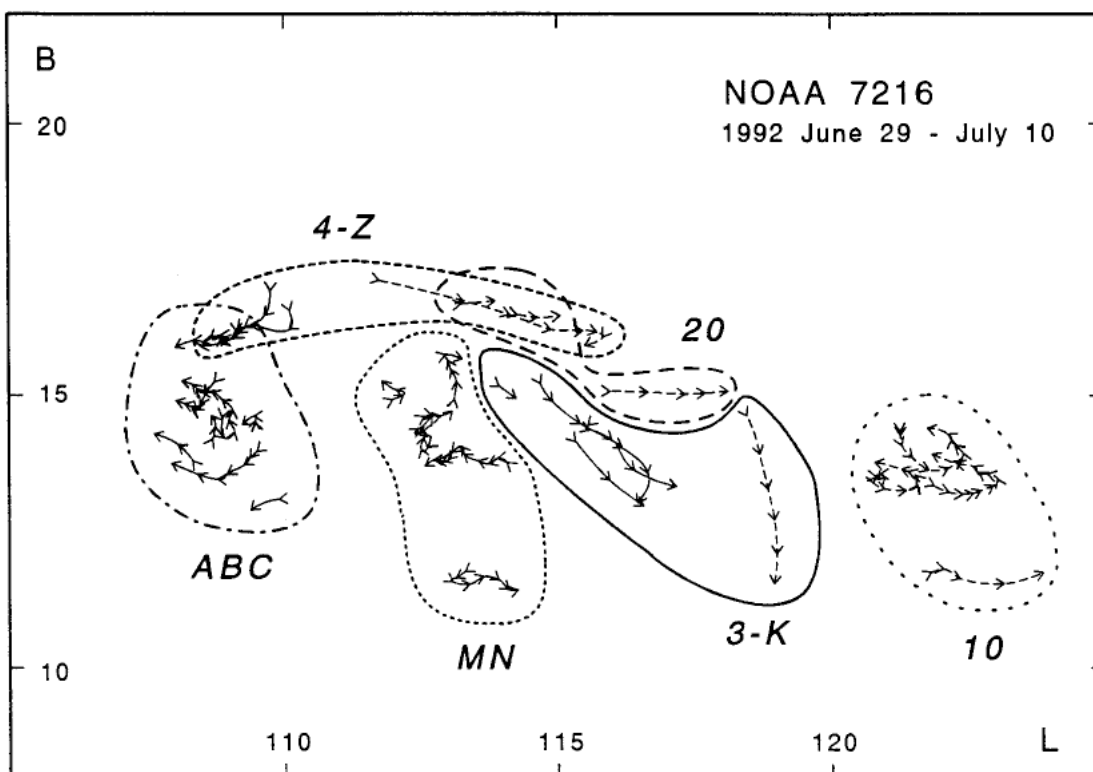
A leginkább szokatlan mozgásokat a *3-K* dipól cellájának tagjai produkálták. Ez júl. 5-én jelent meg, a *p*-foltja (*3*) gyorsan kialakul, és majdnem állandó  $80 \text{ m s}^{-1}$  sebességgel mozog dél felé. Penumbrája a dipól *f*-foltjai felé elnyúlt, ami szoros mágneses kapcsolat meglétére utal. Ezeknek az *f*-foltoknak (*KA, KB, KC, KD*) a mozgásiránya (délnyugati) és sebessége ( $\sim 100 \text{ m s}^{-1}$ ) szintén eltér a megszokottól. Érdemes megfigyelni a 46. ábrán, hogy júl. 7-én az *f*-polaritású *KA, KB, KD* umbrák fele olyan távol vannak a *p*-polaritású *4*-től, mint a *3*-tól, mégis az utóbbi felé deformált a penumbrájuk, ami genetikai kapcsolatra utal, éppúgy, mint a közös mozgás. Mivel ez a cella három oldalról (*K, É, Ny*) körül volt zárva, az umbrák arra mozogtak, amerre lehetőségük volt, ez magyarázhatja a szokatlan irányokat. Az eddigi tapasztalatok alapján egy napfolt tartós és gyors észak-déli irányú mozgása rendkívül ritka, az pedig, hogy közel 4 héliografikus fokot változzon a szélessége, egészen egyedülálló. Mindössze egy jeleleg feldolgozás alatt álló csoportban (NOAA 9373, <http://fenyi.sci.klte.hu/~kalman/3-DbMovi.mov>) lehetett a vezető folt esetében egy kb. 1,5-2 fokos szélességi elmozdulást megfigyelni, egyébként a mozgások, főleg *p*-foltok esetében, alapvetően kelet-nyugati irányúak.



46. ábra. A NOAA 7216 aktív vidék fejlődése kontúrmérések alapján, a Carrington koordinátarendszerben ábrázolva.



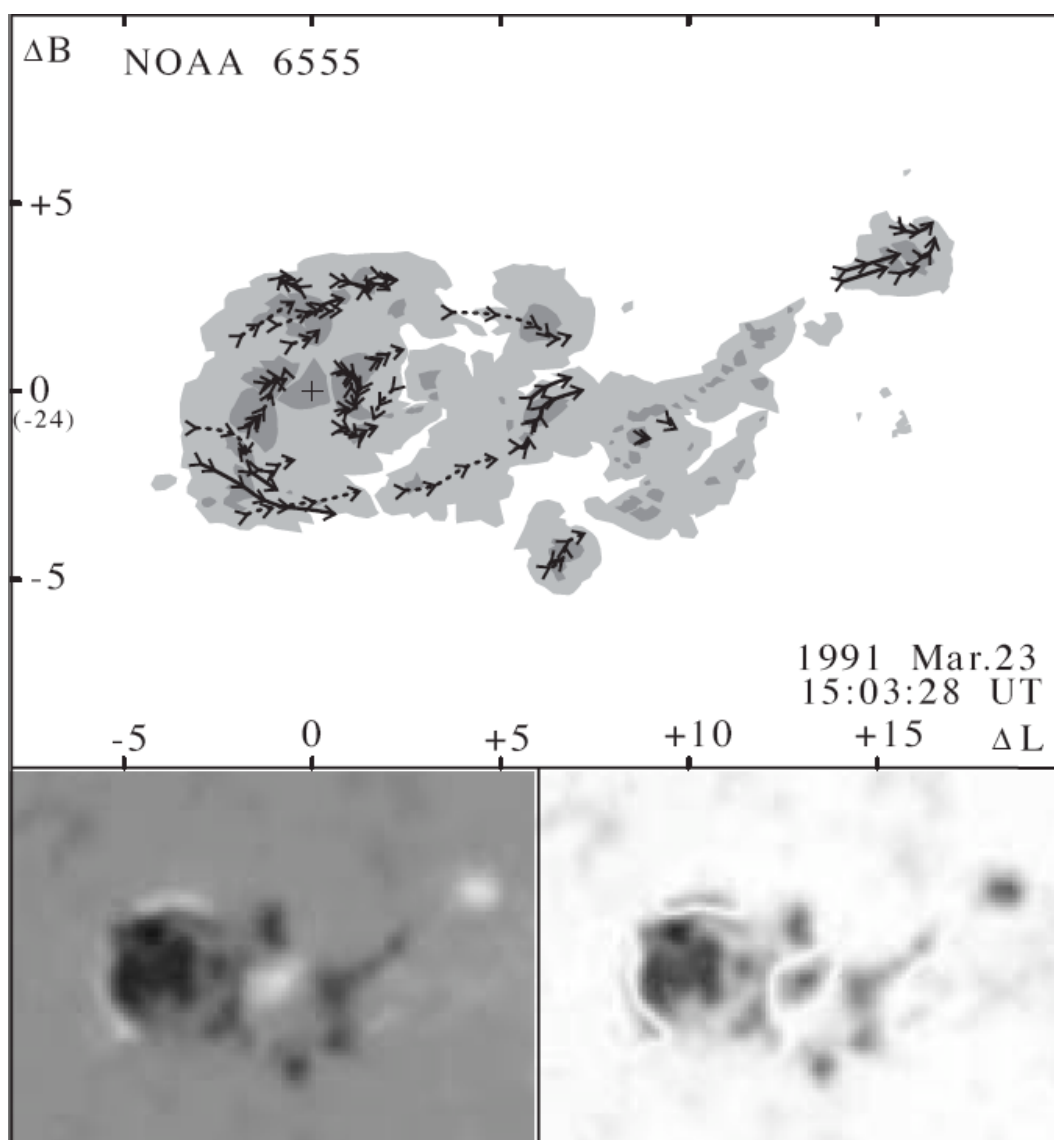
47. ábra. A NOAA 7216 aktív vidék umbráinak mozgási pályája, szaggatott vonallal jelölve a p-polaritású, folytonos vonallal az f-polaritású umbrákat.



48. ábra. Az umbramozgásokból meghatározható hat mozgási cella a NOAA 7216-ban.

A napfoltcsoport fler-aktivitása nagyon csekély, a legnagyobb előforduló fler 1-es nagyságú volt júl. 3-án, ami valószínűleg a 4-Z új mágneses fluxus felbukkanásával volt kapcsolatban. Általában a kölcsönhatások hiánya jellemezte ezt a csoportot, az umbrák aktívan kerülték egymást, keresték a szabad helyeket. Ha ütközés, közelkerülés fordult elő, akkor az azonos polaritású umbrák közt fordult elő (*A-Z*), így nagyobb mágneses gradiensek, mágneses nyírás nem keletkezett.

## 5.2. Áramlási jelenségek öreg foltok körül



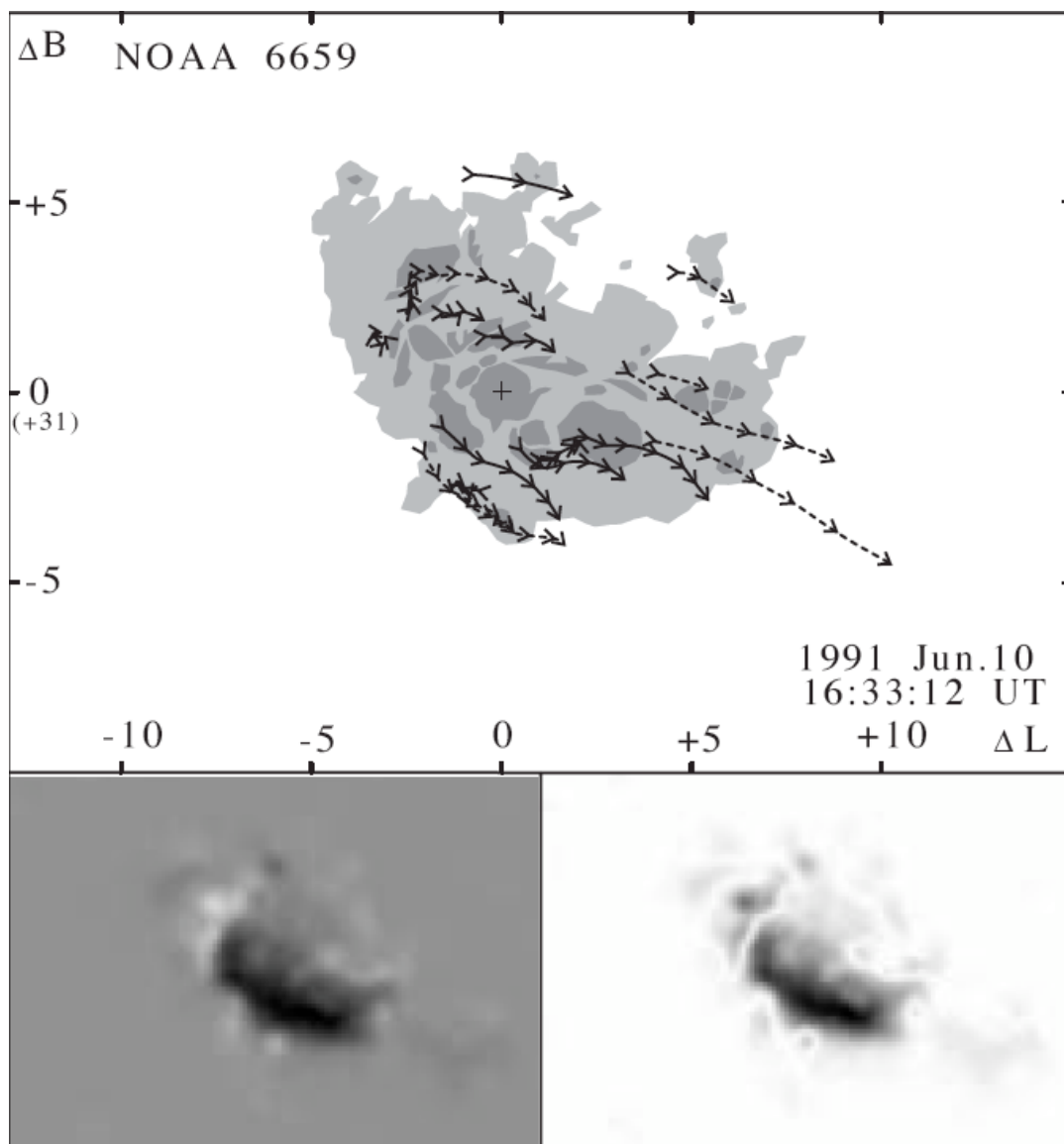
49. ábra. Az umbrák mozgásának pályái a NOAA 6555 aktív vidékben, a nagy, nyugodt f-umbrához viszonyítva, a foltcsoport képére (sötétszürke - umbra, világosszürke - penumbra) rajzolva, Carrington koordináta-rendszerben. Zárójelben az origó heliografikus szélessége. Nyílhegyek minden nap a 12:00 UT-kor elfoglalt helyzetet jelentik. Lent balra - MSFC longitudinális magnetogram, fehér (itt) p-, fekete - f-polaritás. Lent jobbra - longitudinális tér abszolút értéke, jól látható a polaritáselválasztó vonal. Mindhárom kép azonos területet ábrázol.

Az előző fejezetben említett kölcsönhatások speciális esete, amikor a régebben meglévő, öreg, stabil napfoltokat az újonnan megjelenő, gyorsan nyugat felé mozgó új aktivitás foltjai mintegy körülfolylják. Legelőször ez a jelenség a NOAA 6555 esetében lett észrevéve [45]. A több évtizedes debreceni megfigyeléssorozatból négy aktív vidék lett mintaként kiválasztva, amelyekben ilyen jelenség megfigyelhető [51]. A vizsgálathoz a foltok mozgása nem a Carrington féle koordinátarendszeben, hanem a stabil, öreg folthoz képest lett ábrázolva. A 4.1 fejezetben leírt módon végzett kontúr- és koordinátaméréseken kívül az ábrák tartalmazzák mind a napfoltcsoportok longitudinális magnetogramját (látósugár irányú komponens, a  $p$ - és  $f$ -polaritás megkülönböztetésére), mind a mágneses tér abszolút értékének magnetogramját, amelyen jól kirajzolódnak az umbrák és a polaritás-elválasztó vonalak. A magnetogramok a Kitt Peak National Observatory internet-archívumából, illetve a NASA MSFC anyagából származnak. Mindegyik aktív vidékben legalább egy nagy, X-kategóriájú fler történt.

**NOAA 6555 (1991. márc. 17-31)** 49. ábra. Az először észrevett áramlás, részletesebben leírva a 4.3. fejezetben és [45]-ben. A déli féltekén,  $-25^\circ$  szélesség táján fejlődött. Egy öreg, nagy, töredezett  $f$ -umbra a foltcsoport keleti szélén volt stabil, amelyhez a koordináták lettek viszonyítva. A foltcsoport közös penumbrájában ettől nyugatra már mindkét polaritású kifejlett umbrák voltak találhatóak. Az új mágneses fluxus márc. 21-én bukkant fel, a közös penumbra keleti oldalán, egy észak-déli orientációjú dipól formájában. Ennek umbrái, mint minden fiatal folt, gyorsan haladtak nyugat felé, előre. A 49. és a következő ábrákon az umbrák pályája polaritás szerint van jelölve, a folytonos vonal a  $p$ - a szaggatott az  $f$ -polaritás. Feltűnő az ábrán az áramlási kép, amely nagyon hasonló egy hengert körülfolyló turbulens áramláshoz [45], ez vezetett a további hasonló kereséséhez. A nagyobb flerek részben az öreg umbra nyugati oldalán történtek, ahol az ellentétes polaritású umbrák "összefolyva" ütköztek (X9.1, márc.22), részben pedig a keleti oldalon, ahol az új dipól  $p$ -polaritása súrolva ütközött az öreg  $f$ -folttal, mágneses nyírást létrehozva (X5.3, márc. 25; X4.7, márc. 26). Ezen a területen a mágneses nyírást és a flerek összefüggését részletesen tárgyalja Ambastha, Hagyard & West (1993).

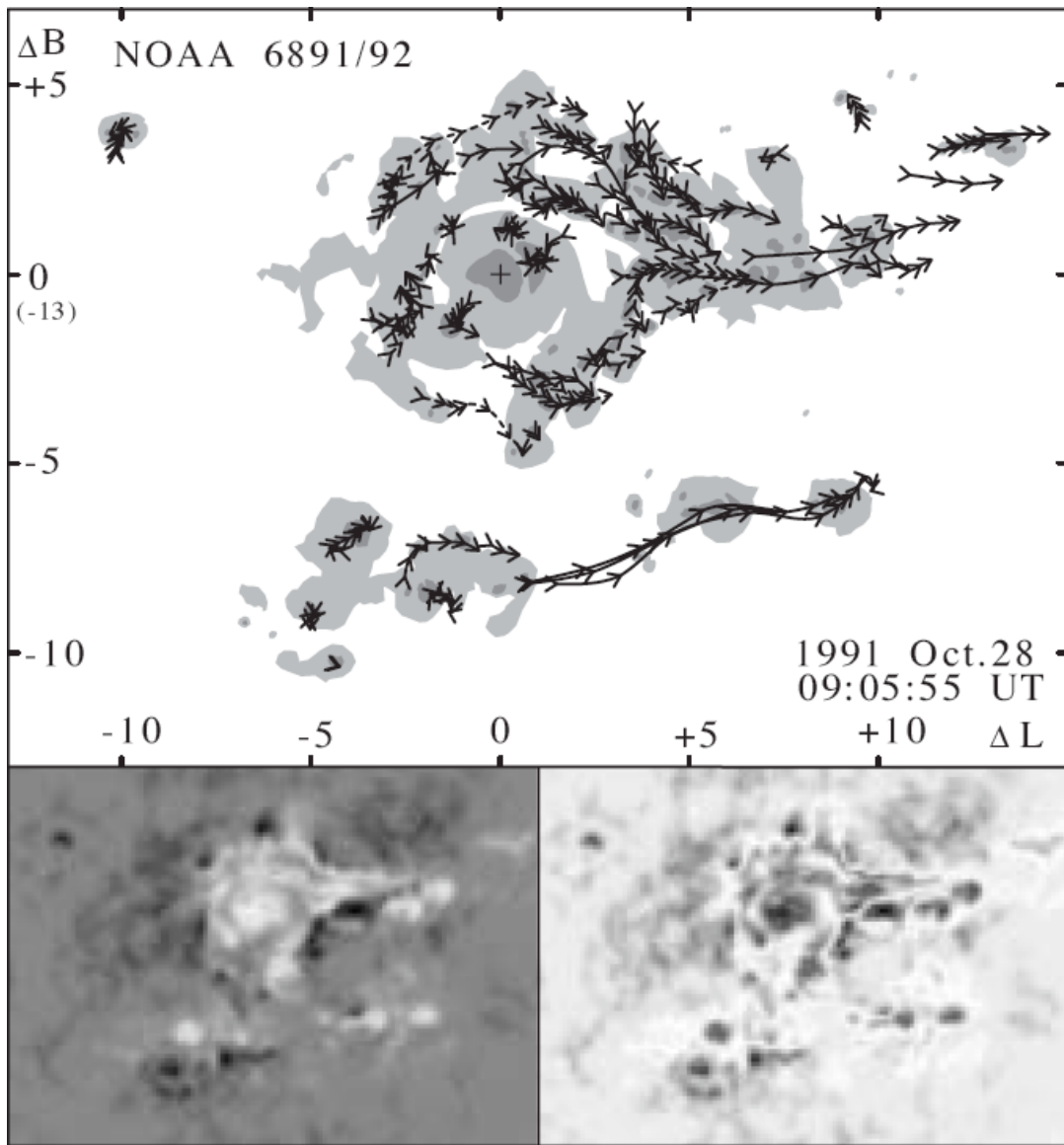
Mint minden, ebben a fejezetben szereplő foltcsoport, ez az aktív vidék is rövid életű volt. Két rotációval előtte nem létezett, közvetlenül a tanulmányozott előttiben egy bonyolult,  $f$ -túlsúlyú csoport volt látható (NOAA 6509). Az itt leírtak után csak egy szétszóró  $f$ -polaritású terület maradt, néhány pórussal.

**NOAA 6659 (1991. jún. 3-16)** 50. ábra. Ez az aktív vidék tartja mindmáig a nagyenergiájú fler-aktivitási rekordot, hat X10+ flerrel láthatósága alatt, és másik négyel a láthatatlan félgömbön, amelyeket az Ulysses űrszonda észlelt (Kane et al. 1996). Umbramozgásokat lásd [41] és 4.3. fejezet, a kromoszférikus aktivitást [42], a fehér flereket Sakurai et al. (1992) és Zhu & Shen (1992), a mágneses tér-vektor fejlődését Zirin & Wang (1993) és Zhang (1996). A magas északi szélességen ( $+31^\circ$ ) található kompakt foltcsoportot egy nagy  $p$ -polaritású többtagú umbra uralta, amelyhez egy közepes nagyságú  $f$ -umbra csatlakozott északkeleten, és néhány más, kisebb  $f$ -umbra. Mindez közös penumbrában, kivéve pár kisebb foltot. A foltcsoport tipikus "sziget- $\delta$ " (1. típus) volt. Új mágneses fluxus folyamatosan bukkant fel pontosan az öreg dipól polaritás-elválasztó vonalán. Az új dipól fejlődése szokatlan, fordított volt, a  $p$ -polaritás hátrafelé, az  $f$ -polaritás előre mozgott (l. 4.3. fejezet). A nagy X-flerek az öreg  $f$ -umbra és az újonnan felbukkanó  $p$ -polaritás határán keletkeztek.



50. ábra. Az umbrák pályája a NOAA 6659 aktív vidékben, a 49. ábrához hasonlóan. A koordináta-rendszer középpontjául szolgáló umbra állandó  $\sim 100 \text{ m s}^{-1}$  sebességgel mozgott a differenciális rotációra korrigált Carrington rendszerben. Mivel ez a foltcsoport az északi féltekén volt, az MSFC magnetogramon a p-polaritás fekete.

Ennek az aktív vidéknek a története két rotációval korábban kezdődött. A láthatatlan félgömbön keletkezett NOAA 6580 (ápr. 7-19.) kis foltcsoport volt, csak szokatlan, észak-déli orientációjú dipólja volt feltűnő. A következő rotációban mint NOAA 6619 (máj. 5-18.) visszatérő foltcsoport már jóval nagyobb volt, és nagyon hasonló a NOAA 6659-re, majdnem érintkező, ellentétes polaritású umbrákkal, a csoport tengelye kb.  $60^\circ$ -al hajlott a kelet-nyugati irányhoz. A sziget- $\delta$  konfiguráció ellenére alig volt aktív. Az itt leírt nagy aktivitás után a foltcsoport feloszlott, a következő rotációban csak néhány apró napfolt volt látható ezen a területen, még egy rotációval később már minden nyoma eltűnt a régiónak. Hasonló gyorsasággal tűnt el az 1972 augusztusi szuperaktív napfoltcsoport is (Bumba 1980).

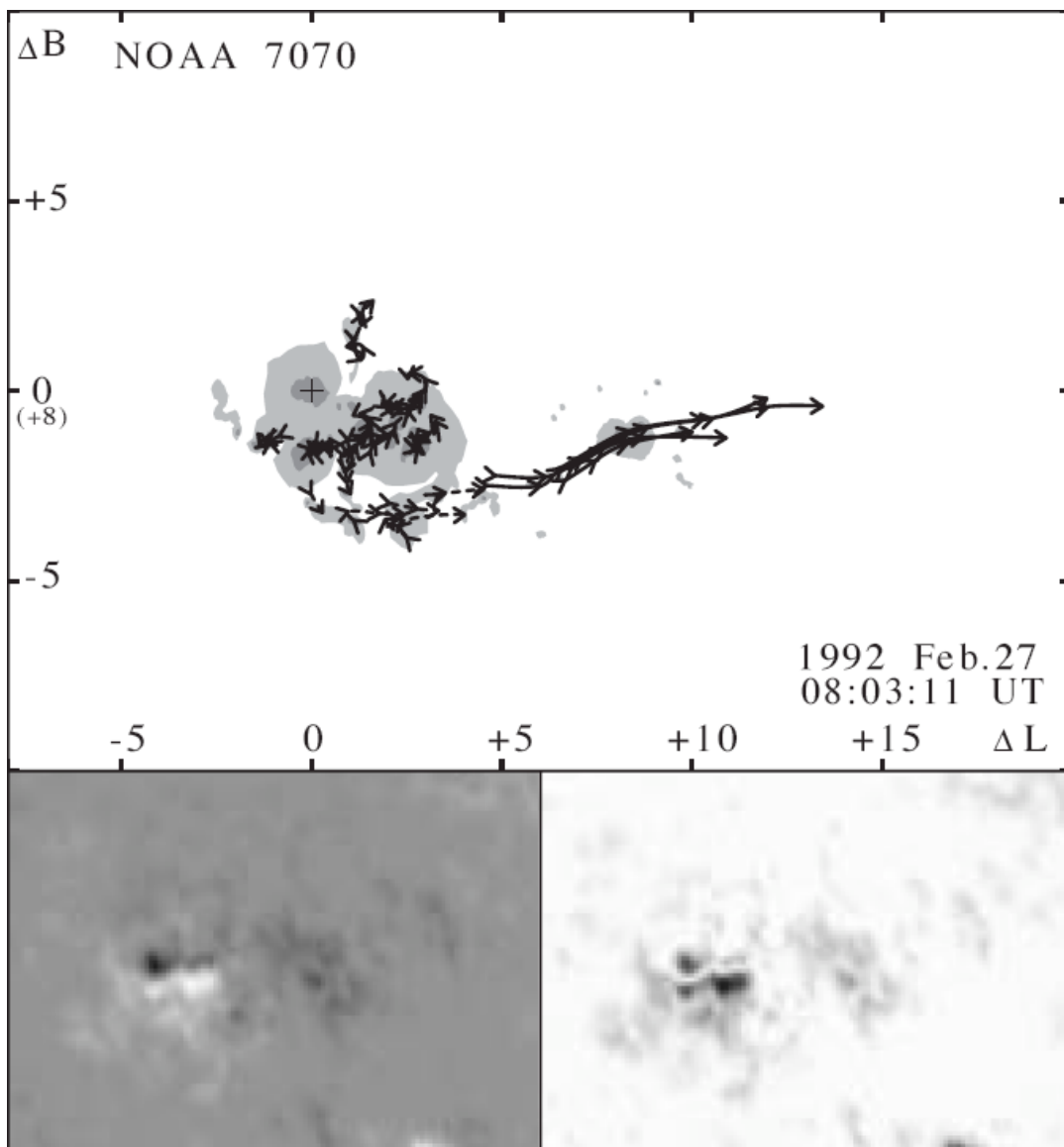


51. ábra. Az umbrák pályái a NOAA 6891 aktív vidékben, a 49. ábrához hasonlóan. Déli félteke, a KPNO magnetogramon fehér a p-polaritás.

**NOAA 6891 (1991. okt. 23 - nov. 2.)** 51. ábra. Ez a szokatlanul bonyolult aktív vidék a [47]-ben leírt sokáig élő aktív komplexum tagja volt. Ebben több napfoltcsoport is fejlődött, a NOAA 6891 előzménye két rotációval előbb, a látható félgömbön keletkezett. A következő rotációban mint NOAA 6850, egy elnyúlt,  $\delta$ -konfigurációjú csoport volt, amely ennek ellenére nem volt aktív (4.4. fejezet) [44], sőt, mágneses fluxus tűnt el benne (3.2. fejezet) [56]. Mágneses fluxus eltűnését  $\delta$ -csoportból leírta Wang (1992) is, de abban az esetben nagyjából egyenlő, ellentétes polaritású fluxusok eltűnéséről volt szó, míg itt csak az  $f$ -polaritás süllyedt el, a régi és az új, gyorsan fejlődő  $p$ -polaritások közé szorulva. Elképzelhető, hogy az elsüllyedt  $f$ -polaritás zavarta meg a csoport felszín alatti szerkezetét, ami az itt leírt komplexitáshoz és aktivitáshoz vezetett.

Az itt vizsgált rotációban az öreg, dupla  $p$ -umbra szabályos, kerek foltta alakult, amelyhez hozzátapad még egy kisebb  $p$ -umbra, szintén az előző rotációból. Az öreg folt keleti oldalán (mint a NOAA 6555 esetében) új dipólok bukkannak fel,

amelyek nyugat felé mozognak, körbefolyva az öreg foltot. Ebben a csoportban öt X-fler volt, ezekből kettőt fehér fényben is megfigyeltek (Hudson et al. 1992, Liu et al. 1996). Ezek ismét ott keletkeztek, ahol a körülfolys után az ellentétes polaritású umbrák összeütköztek. Ezután a nagy aktivitás után a következő rotációkban csak jelentéktelen foltcsoportok voltak megfigyelhetők ezen a helyen [47].



52. ábra. Az umbrák pályája a NOAA 7070 aktív vidékben, a 49. ábrához hasonlóan. Északi félteke, a KPNO magnetogramon fekete a p-polaritás.

**NOAA 7070 (1992. febr. 22 - márc. 4.)** 52. ábra. Ez az alacsony szélességű (+8°), közepes méretű δ-csoport febr. 22-én úgy tűnt fel a napkorong keleti peremén, mint egy nagy, kerek penumbra, benne két kelet-nyugati irányú umbrasorral. Az északi sor *p*-, a déli *f*-polaritású volt, tehát a foltcsoport egy szbálytalan, észak-déli dipól volt, és sziget-δ. Febr. 23-24-én az öreg folt környezetében új mágneses fluxus kezdett felbukkanni, *p*-pórusok a penumbra nyugati szélén, *f*-pórusok alatta délre. Ezzel a fejlődéssel egyidejűleg egy 2B/M4.9

fler is lezajlott febr. 24-én. Mind a  $p$ -, mind az  $f$ -polaritású pórúszok gyorsan ( $150\text{--}250\text{ m s}^{-1}$ ) mozgta előre. A pórúszok láncolata az öreg penumbra közepe alatt északra fordult, leválasztva a legkeletibb észak-dél irányú dipólt (52. ábra). Febr. 27-én mindkét polaritású pórúszok jelennek meg a nagy penumbrától északra is, az öreg folton keresztűlhűzódó pórúszok láncolatának folytatásaként. Ekkor (febr. 27.) történik egy nagy (2B/X3.3) fler is. A fler (Brekke et al. 1996) ott indult, ahol a pórúszok láncolata metszette a nagy penumbrát, és a fénys szalagok befedték a keleti dipól umbráit. Ez lehetett a nagy röntgenfluxus oka is. A nagy fler után az új aktivitás pórúszai hamar eltűntek, és az öreg folatok is oszlásnak indultak.

Az új folatok mozgása a szokásos nyugatra törekvést mutatja, mind a  $p$ -, mind az  $f$ -polaritás erre mozog. A láncolat másik végén úgy tűnik, hogy az emelkedő fluxuscső belegabalyodik az öreg  $\delta$ -foltba: a lánc keleti vége északnak fordul, és megjelenik a penumbra túloldalán is. A pórúszok stabil áramlások mentén mozognak, gyakran egymás nyomában, a déli részen az is látható a pályákból, hogy néhány újonnan felbukkanó pórúst magával sodor az áramlás.

Ennek az aktív vidéknek is rövid a története, két rotációval előbb a Nap felszíne üres volt ezen a helyen, az ezutáni rotációban két kis aktív vidék volt itt, NOAA 7030 és 7037. Ezekből a 7030  $p$ -foltja maradt meg, befoglalva a NOAA 7070-be. A nagy fler után gyors bomlásnak induló napfoltesoportból csak néhány pórúsz maradt a következő rotációra, hogy még egy rotációval később teljesen eltűnjön.