

A SÜRÜSÉGVÁLTOZÁS 27 NAPOS FLUKTUÁCIÓJA ÉS A
GALAKTIKUS KOZMIKUS SUGÁRZÁS INTENZITÁSCSÖKKENÉSEI:

indikációk egy további fűtési mechanizmus
létezésére a felsőlégkörben

Illés Erzsébet
(MTA Csillagvizsgáló Intézete)

ÖSSZEFOGLALÁS

Mesterséges holdak fékeződésében talált két új megfigyelési tényről számolunk be, melyek egyike sem egyeztethető össze az eddig ismertnek vett fűtési mechanizmusokkal: sem az EUV fűtéssel, sem az auróra zónában jelentkező részecske precipitációval.

1. A 27 napos periódusu sűrűségváltozásnak az $S_{10,7}$ maximumaival párhuzamosan fellépő maximumain kívül nagy számú maximum lép még fel a felsőlégkörben. Valószínű energiaforrásként a korotáló áramok jelölhetők meg, indexként a galaktikus kozmikus sugárzás intenzitása javasolható.

2. A napszakos effektus éjszakai minimuma nem sima, hanem közepes szélességeken másodlagos sűrűségi maximum lép fel.

A kutatási anyag előzményei a IV. és V. Ionoszféra-Magnetoszféra Szemináriumokon kerültek bemutatásra ([1], [2]). Most ugyanazzal a módszerrel egy 7 éves időintervallumra és 60 mesterséges holdra kiterjesztett feldolgozás jelen állását és a belőle levonható következtetéseket ismertetem.

A használt módszer röviden a következő. A holdak fékeződési görbéit felhasználva meghatároztuk a mért sűrűséggörbéket (ρ_{obs}), valamint a 27 napos kivételével minden más effektust figyelembe véve a Jacchia-71 modell (J-71) szerint számított sűrűségértékeket (ρ_{J71}^{27}). Feltételezve, hogy a J-71 modell jól írja le az összes felsőlégköri változásokat, az $f^{27} = \rho_{\text{obs}} / \rho_{\text{J71}}^{27}$ maradékgörbéknek kizárólag a 27 napos menetet kellene mutatniok. A profilok pontos kirajzolásához az időfelbontás általában nem volt elegendő, ezért

megkerestük az f^{27} görbék maximumhelyeit, majd megvizsgáltuk, hogy az egymáshoz csatlakozó 5 napos intervallumokon belül a holdak hány százaléka mutat maximumot.

A megfigyelési anyag az 1966-72 közötti 7 éves intervallumot folyamatosan lefedi. Az azonos intervallumra feldolgozott mesterséges holdak számát az alábbi táblázat tartalmazza.

Párhuzamosan hány hold	Hány napig	A teljes intervallum hány százalékában
23-20	240 nap	10%
19-15	185 nap	7,5%
14-10	1300 nap	53%
9-5	545 nap	22%
4-3	185 nap	7,5%
Összesen:	2455 nap	

Látható, hogy a 7 éves intervallum 70%-ában tiznél több hold állt párhuzamosan rendelkezésre. A csak 3-4 holddal lefedett intervallum csak az [1]-ben publikált és az új feldolgozási intervallum közötti folytonosság biztosítása érdekében került felhasználásra. A feldolgozást [1] és [2]-höz képest azért terjesztettük ki más intervallumokra is, mert ott a naptevékenység leszálló ágában a 10,7 cm-es rádiósugárzás nagyon zavart volt, és alig mutatta a 27 napos periodicitást. Sőt úgy tűnt, hogy párhuzamosan több aktivitási centrum működött a Napon, melyek által okozott légsűrűségi maximumok – a centrumoknak a Napon elfoglalt helyük miatti fáziseltolódások után – olyan közel kerültek egymáshoz, hogy kezdték megközelíteni a mi megfigyelési anyagunk felbontóképeségét. Annak érdekében, hogy ellenőrizzük következtetésünket, mely szerint a légkör szabályosabban mutatja a 27 napos periodicitást, mint e változás indexeként használt $S_{10,7}$ (tehát az $S_{10,7}$ nem megfelelő indexe e változásoknak), olyan intervallumot kerestünk, ahol egyetlen aktivitási centrum 27 napos periódusú visszatérése hosszan követhető, eltűnése pedig hirtelen következik be. Ilyen intervallumnak bizonyult az 1966-67-es év (MJD 39100-39700), melynél tizenhét maximum után a tizennyolcadik váratlan kimaradá-

sával ér véget a sorozat. A következő, rövidebb sorozat csak egy hónap késéssel kezdődött.

Az 1. ábrán az $S_{10,7}$ maximumsorozat tizedik tagjától látható ez az érdekes időintervallum. Az ábra alsó részén az intervallumban rendelkezésre álló összes hold f^{27} görbéje látható. A holdak nevét az ábra mindkét oldalán jeleztük. Az ábra tetején az $S_{10,7}$ görbe jelenti a Nap rádiósugárzását, melynek maximumain áthuzott vastagabb függőleges vonalak mutatják azokat a légsűrüségi maximumokat (S típusu maximumok), melyeket a rádiósugárzással jó korrelációt mutató EUV sugárzás növekedése válthat ki a felsőlégkörben. A (18)-al jelzett hiányzó $S_{10,7}$ maximum időpontjában gyakorlatilag minden hold jelez sűrűsénövekedést, ez tehát valóban alátámasztja korábbi következtetéseinket ([1], [2]).

Nézzük meg azonban a vékonyabb függőleges vonalakkal jelzett időpontokban az f^{27} görbéket! Ezekben az időpontokban a holdak többsége fékeződésével légsűrüségi maximumot jelzett, és amennyire ez a nem kielégítő időfelbontású eredeti megfigyelési anyag alapján kimondható, úgy tűnik, hogy nagyságrendileg ezek a maximumok nem kisebbek az $S_{10,7}$ maximumok idején fellépő sűrüségi maximumoknál. Létezésük legalább ugyanolyan jogosan állítható, mint azoké. Ilyen sok maximum léte ebben az intervallumban még csak nem is nagyon tulajdonítható több aktivitási centrum működésének, mint az 1971-72-es intervallumban (MJD 41100-41500 [2]).

A IV. Ionoszféra-Magnetoszféra Szemináriumon elhangzott előadásom után Benkó György hívta fel figyelmemet az interplanetáris térben a Nappal együtt forgó, nagyobb sebességű napszél nyalábok létére, melyek által hozott mágneses irregularitások a galaktikus kozmikus sugárzás kis és közepes energiájú komponenseinél intenzitáscsökkenéseket idéznek elő; ez a kozmikus sugárzás vizsgálatában jól ismert jelenség. Ő vetette fel, hogy keressünk korrelációt a két jelenség között. Ennek hatására került [2]-ben az ábrákra a galaktikus kozmikus sugárzás intenzitása (C). Azonban az a következtetés, hogy a C minimumokkal nem látszik korreláció, inkább a maximumok esnek egybe, fizikailag nem plauzibilis energiahatáplálást követelt volna, és ezért már ott újabb vizsgálatok szükségességére utaltam. Munkahipotézisem a következő volt: ha a korotáló, gyorsabb napszélnyalábokból a magnetoszféra energiát vesz fel valamilyen módon, akkor ilyen energiaforrás megérkezését

a Föld környezetébe jól jelezheti az, hogy a plazmaáramba befagyott mágneses téren a galaktikus kozmikus sugárzás részecskéi szóródnak, vagyis a földfelszínen mért intenzitásuk csökken. Amennyiben egy, a geomágneses effektussal azonos energiabetáplálásról lenne szó, akkor a C minimumokkal egyidejűleg, vagy nagyon kis késéssel kellene jelentkezni a légsűrüségi maximumoknak. Ha ez az energia hosszabb idő alatt disszipálódik hozzájárulva a semleges felső légkör fűtéséhez, akkor nagyobb időkésés is előfordulhat.

Ha megnézzük az A_p és C görbét, akkor láthatjuk, hogy az A_p által jelzett geomágneses viharok idején mindig van éles minimum a C görbén. A C görbén azonban találhatunk több mély minimumot olyan helyen is, ahol az A_p görbén komolyabb fluktuáció nem látszik. Miután a légköri modellek a napszélből megcsapolt energia- és fűtéstöbbletet csak az A_p indexszel veszik figyelembe, nyilvánvaló, hogy nem adhatnak számot olyan sűrűség-növekedésről, amelyeket geomágneses vihart még létre nem hozó napszél-nyaláb táplált. Miután a mért sűrűségekből az A_p -vel párhuzamosan fellépő légsűrűség-növekedéseket a J-71 modell szerint már kiredukáltuk, az A_p görbe csucsait követő C csökkenések utáni légsűrüségi növekedések nem látszanak az f^{27} görbéken, legfeljebb csak annyiban, amennyiben a J-71 modell nem jól írja le a geomágneses effektust. Maximumot látunk, ha a modell alulbecsüli, minimumot, ha túlbecsüli az aktuális változást.

Olyan helyek a perdöntőek tehát, ahol a C görbe minimumával sem nagyobb A_p maximum, sem $S_{10,7}$ maximum nem esik egybe. Az 1. ábrán csak két ilyen hely van, az MJD 39560-nál a (16)-os $S_{10,7}$ maximum utáni vékony vonal, és az MJD 39590-nél a (17)-es utáni vékony vonal. Ezen esetekben "mellékmaximuma" sincs az $S_{10,7}$ görbének, amely a sűrűség-növekedést magyarázhatná. Meg kell jegyezni, hogy a 6404A, a 6353A és a 6476A holdak f^{27} görbét a [3]-ban publikált, és Jacchia által fotografikus észlelésekből levezetett fékeződésekből kaptuk. Az a tény, hogy a [3]-ban megadott epochák, amelyekre a fékeződések vonatkoznak, ekvidisztans és kerek számok, arra enged következtetni, hogy un. "smoothed" adatokkal, és nem az eredeti észlelésekkel van dolgunk. Ezzel kapcsolatban a 2. ábrán bemutatjuk azt az általunk ismert egyetlen esetet (58a hold, [4], [5]), amikor Jacchia az eredeti fékeződéseket ("unsmoothed") is

publikálta egy holdra. A keresztek az eredeti anyagot, a körök a [4]-ben publikált "smoothed" értékeket mutatják. Az ilyen módon "kisimitott" görbéről eltűnhet néhány effektus hatása, ha azt a kutató lényegtelennek vagy indokolatlannak tartva véletlen hibának minősíti. Csak utalunk rá, hogy az A_p maximum idején elfogadott fluktuációhoz hasonló nagyságu fluktuációt 10 nappal korábban hibának minősítve kiegyenlítették. Az 1. ábra Jacchiától átvett 3 holdja esetén nem ismeretesek az "unsmoothed" értékek. Hasonló problémák és a nem tökéletes időfelbontás okozta nehézségek miatt az időintervallumot tovább szélesítettük.

Az immár folyamatos (1966-72) megfigyelési anyagban ismét csak a maximumok helyét vizsgáltuk, és akárcsak korábban ([1], [2]), statisztikusan megállapítottuk, hogy a holdak hány százaléka mutat maximumot 5 napon belül. A 3., 4., 5., 6. és 7. ábrák 1966-tól 72-ig folyamatosan mutatják az 5 napon belül légsűrűségi maximumot mutató holdak gyakorisági hisztogramját (középső lépcsős függvény). Tekintve, hogy a párhuzamosan rendelkezésre álló holdak száma változott, a szórás helyett a várható értéken kívül a 95% szignifikancia szint felső határát jelöltük be; a minimumok feltűnő hiányát a rossz felbontóképesség rovására írjuk, és nem vonunk le belőle semmilyen következtetést.

A 3., 4., 5., 6. és 7. ábrákon felül az $S_{10,7}$ a Nap rádiósu-gárzásának görbéje, felette a folytonos nyilak a maximumokat jelzik. Vizszintesen vonallal összekötöttük azokat a nyilakat, melyek szerintünk egy aktivitási centrum tevékenysége következtében léphetnek fel. A szaggatott nyilak a sorozat hiányzó maximumainak helyét mutatják, mint az 1. ábrán a (18) (" $S_{10,7}$ defektus"). Pontozott sáv mutat a légsűrűségnövekedést jelző hisztogrammaximumtól ahhoz az $S_{10,7}$ maximumhoz, amellyel kapcsolatba hoztuk. Minden $S_{10,7}$ maximumot követ egy-egy ilyen légsűrűségi maximum – vagy a maximumot tartalmazó, vagy a következő 5 napos sávban. Ez a jól ismert, a modellekbe már beépített 27 napos effektus, melyet az 5 napos felbontóképesség miatt jelen esetben jobban nem lehet reprodukálni. Az intervallum 27 helyén lép fel $S_{10,7}$ defektus. Ezek közül 22 esetben 95% szignifikancia szinten fellép légsűrűségi maximum, tehát [1] és [2] fő következtetését ez a 7 éves anyag is igazolta: a légkör szabályosabb 27 napos periodicitást mutat, mint a változás indexeként használt $S_{10,7}$.

Az $S_{10,7}$ görbén a teljes intervallumban 74 maximum található. Ezzel szemben a gyakorisági hisztogrammon 158 maximum léte állítható 95% szignifikancia szinten. A 22 $S_{10,7}$ defektus (S^- típusu maximum) után is 62 "felesleges" maximum marad, amelyek léteéről a modell nem tud számot adni. Tul sok ez ahhoz, hogy ismételtelen csak arra a következtetésre jussunk, hogy az $S_{10,7}$ nem megfelelő indexe az EUV-nek. Inkább azt kell gondolnunk ezen nagy statisztikai anyag alapján, hogy a modellekkel nem magyarázható sok maximum egy újabb fűtési mechanizmus létére utal.

Nézzük meg a korotáló áramok Föld-közelbe jutását jelző csökkenéseket a galaktikus kozmikus sugárzás intenzitásában. A 3., 4., 5., 6. és 7. ábrákon C_{DR} a Deep Riverben szuperneutronmonitorral mért beütésszámot mutatja az 1-5 GeV energián. Vajon minden C_{DR} csökkenéshez hozzárendelhető-e egy rákövetkező gyakorisági maximum (kössük össze szürke sávval a könnyebb áttekinthetőség kedvéért)? Ugy tűnik, hogy gyakorlatilag mindig található légsűrűségi maximum a C_{DR} minimum után, de 1 vagy 2 oszloppal később, tehát 5-10 nap múlva. (C típusu maximum; 121 eset). Közülük egy-egy már $S_{10,7}$ -hez volt rendelve, tehát S típusunak is minősült (48 eset), vagy S^- típusunak (11 eset). A megmaradó 62 C típusu maximum azonban $S_{10,7}$ változással semmiképpen nem magyarázható!

Hogy valóban 5-10 napos késést várhatunk, azt legjobban az 1966-67-es időintervallum mutatja, ahol a galaktikus kozmikus sugárzás intenzitása nem szabályosan 27 naponta csökkent, és a maximumok inkább lapos platók voltak. Ebből az anyagból a 71-72-essel ellentétben fel lehetett ismerni, hogy nem lehet szó a maximumokkal való összeesésről, hanem a C minimumait követik a légköri sűrűség-növekedések nagyságrendileg 5-10 napos késéssel. Ennél pontosabb időkézés megállapítását a hisztogram felbontóképessége nem enged meg. Pontosabb választ a jó időfelbontású f görbék analízisétől várunk. Azonban ez a nagy késési idő kizárja a geomágneses effektus fűtésével azonos, a napszélből a sarkokon közvetlenül beáramló részecskék precipitációjának magyarázatát. Inkább a magnetoszféra által a napszélből felvett, és néhány napig valamilyen módon tárolt energia disszipációjánál kell a magyarázatot keresni.

A 8. ábra a hisztogram összes, 95%-nál nagyobb szignifikancia szinten állítható maximumát mutatja Bartels-diagramban. Az ábra bal oldalán ritka vonalkázással az S típusu maximumokat je-

löltük. Látható, hogy az üres téglalappal jelzett "felesleges" maximumok legalább olyan jó 27 napos periodicitást mutatnak, mint az S típusu maximumok. Az ábra jobb oldalán sűrűn bevonalkáztuk azokat a maximumokat, amelyeket a C_{DR} minimumokkal hoztunk kapcsolatba. Az üresen maradó 11 maximumot sem $S_{10,7}$ maximum, sem C_{DR} minimum nem előzte meg, ezek voltak azon S típusu maximumok, melyek perdöntőek az $S_{10,7}$ defektusok idején is létező légköri sűrűségmaximumok bizonyításánál.

Két tényre szeretnénk még felhívni a figyelmet:

1. A 27 napos nyilsorozat illesztésénél próbálkoztunk más periódusokkal is, sőt változó periódussal a naptevékenység 11 éves ciklusa folyamán, ahogy a napfoltok visszatérési periódusa változik. Azonban ezek a kísérletek sem a C görbe, sem a hisztogram esetében nem adtak jobb eredményt; a sorozatok rövidebbek lettek, zavaróbbak és szisztematikusabbak az "elcsuszások". A legjobb eredményt a 27 nappal értük el.

2. A maximumsorozatok elég hosszúak, néha 10-11 tagból állnak. Ez a két jelenség jobban emlékeztet a koronalyukak tulajdonságaira, mint a napfoltokéra, és nem cáfolja azt a képet, hogy a légsűrűségi maximumokat tápláló energia a koronalyukakból származó korotáló napszéllyalábokból csapolódik.

Hol juthat be az az energia a semleges felsőlégkörig? Az egyes légsűrűségi maximumok realitásának ellenőrzése kapcsán találtuk a másik megfigyelési tény, mellyel körvonalazni lehet a feleletet a feltett kérdésre.

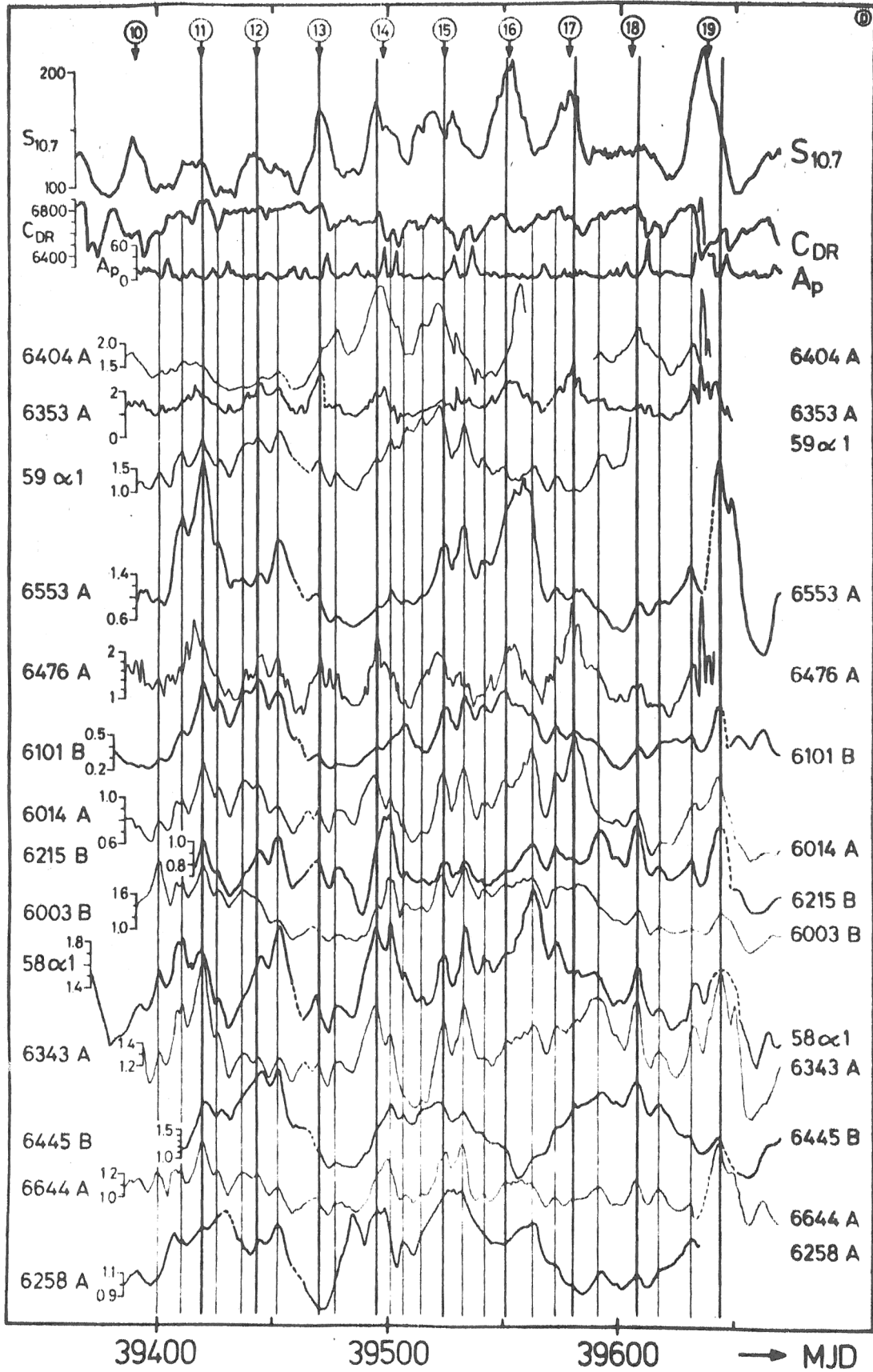
A 9. ábrán bemutatjuk a 6553A holdat, amelynél a jelenséget felismertük. További 4 holdnál is megtaláltuk később, melyek perigeuma szintén 500 km körül volt, de az effektus egyre kisebb lett a perigeum-magasság csökkenésével. 200 km-en már nem volt felismerhető a jelenség. A többi hold ilyen irányu vizsgálata még folyik. A 9. ábra alsó részén az $f = \rho_{obs}/\rho_{J71}$ mint az idő függvénye látható. Felette a perigeumnak a bulge irányától mért ψ_B geocentrikus szöge, a φ földrajzi szélessége, illetve az LST helyi Nap-ideje látható. Az f görbét az f^{27} -el ellentétben a teljes J-71 modellértékkel való osztás után kaptuk, tehát 1 körül szóró pontsort kellene látnunk. Meglepőek ezért a 100%-os amplitudót is elérő maximumok, melyek a legnagyobb ψ_B -k idején lépnek fel, tehát akkor, amikor a hold perigeuma a bulge-vel ellentétes éj-

szakai oldalon vándorol.[6]-ban Ill Márton publikált hasonló eredményt a H skálamagassággal kapcsolatban a francia mikroakcelero-méteres mérések alapján. A $H = \frac{kT}{mg}$ miatt az egyidejű növekedés a sűrűségben és a skálamagasságban kizárja annak lehetőségét, hogy a H növekedés az átlagos molekulásúly csökkenése miatt álljon elő, illetve, hogy a sűrűség növekedését árapály jelenség okozza. Marad tehát az a következtetés, hogy az éjszakai oldalon, nem is a poláris zónákban, hanem az antibulge környékén hőmérsékletnövekedésnek kell lenni. Ez pedig EUV fűtéssel nem magyarázható. Lehetséges, hogy ez az a hely, ahol a magnetoszférában tárolt energia részecskeprecipitációval lejut, és végül is a semleges légkör fűtéséhez járul hozzá. Vagy lehetséges, hogy nemcsak az éjszakai oldalon, hanem körben a közepes szélességeken működik ez a fűtési mechanizmus, csak a modellek a nappali oldalon az EUV fűtésbe "beleolvasztották"? Az f értékek nem érzékenyek arra, hogy mivel magyaráztuk a sűrűségnövekedést, csak arra, ha a modellből hiányzik. További vizsgálatok szükségesek még a kérdések eldöntésére.

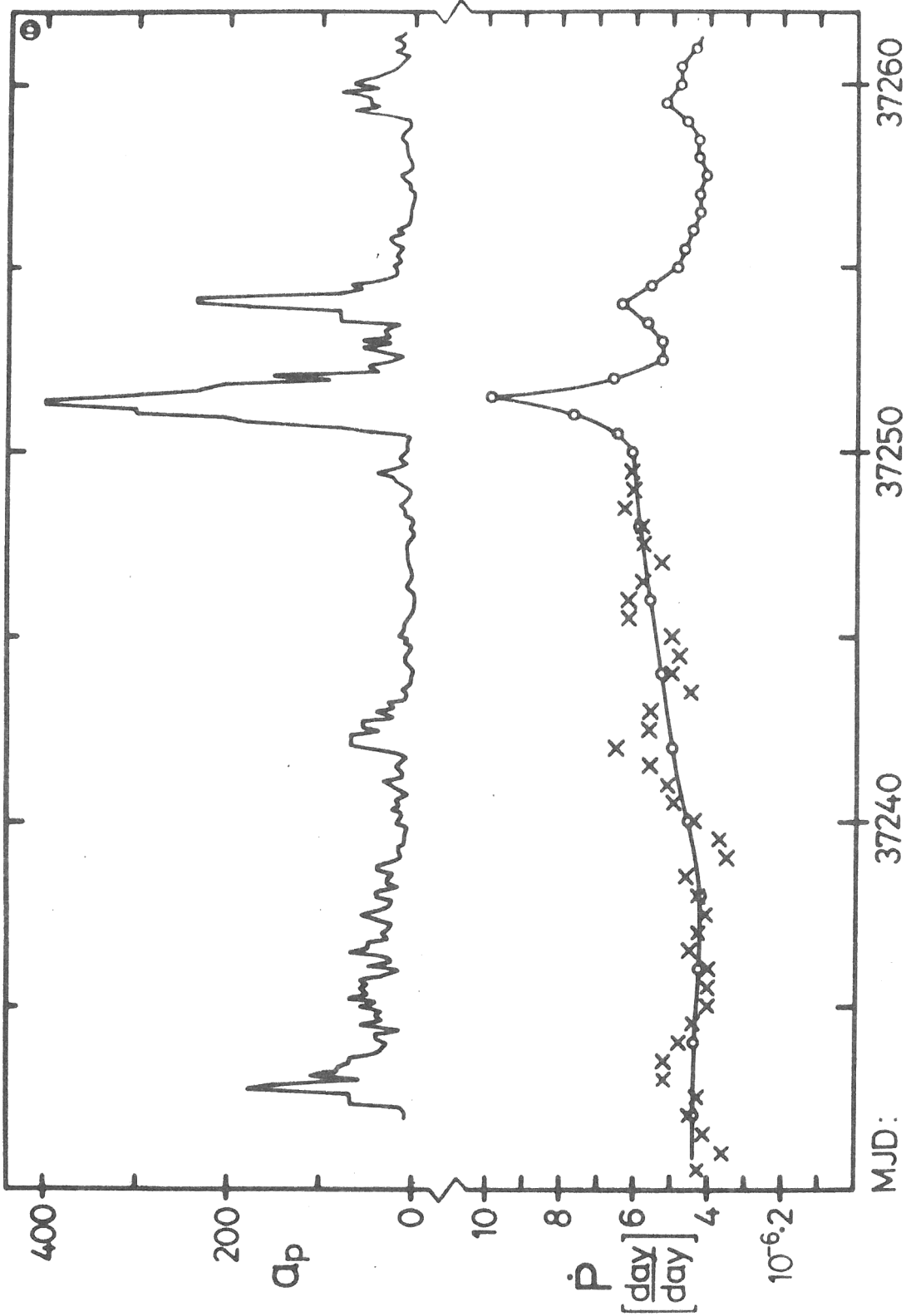
A számomra nagyon értékes diszkusszióért köszönettel tartozom Bencze Pálnak, Benkó Györgynek, Paál Györgynek és Szemerédy Pálnak, a feldolgozásban való részvételért pedig Decsy Pálnak, Nagy Máriának és Szabó Andreának.

IRODALOM

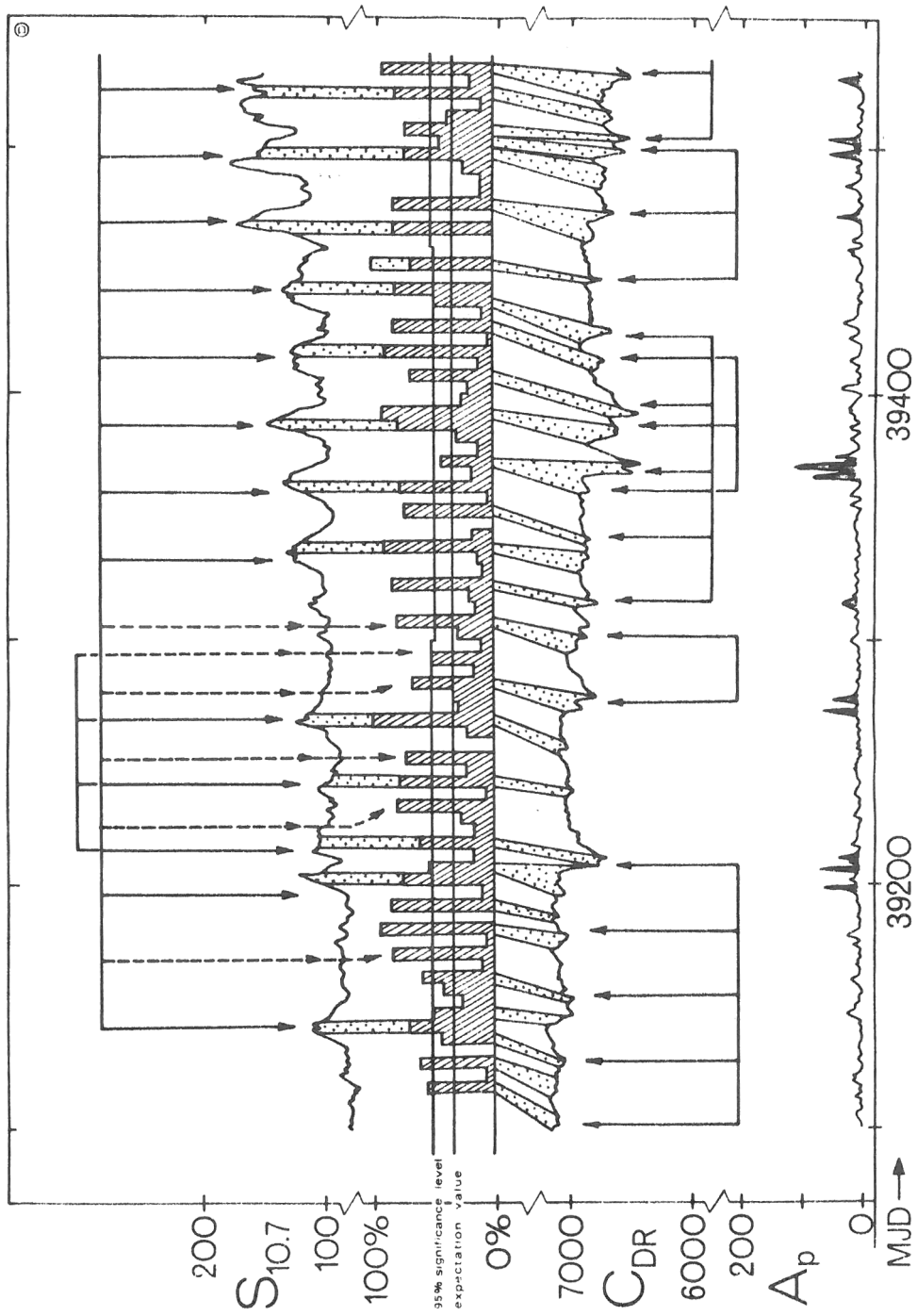
- [1] ILLÉS E.: Ionoszféra és Magnetoszféra Fizika IV. MTESz KASz Közlemények, 1977, 31. o.
- [2] ILLÉS E.: Ionoszféra és Magnetoszféra Fizika V. MTESz KASz Közlemények, megjelenés alatt.
- [3] L.G. JACCHIA, J.W. SLOWEY: SAO Spec. Rep. 368, Cambridge, Massachusetts, 1975
- [4] L.G. JACCHIA, J. SLOWEY: SAO Spec. Rep. 171, Cambridge, Massachusetts 02138, 1965.
- [5] L.G. JACCHIA, J. SLOWEY: SAO Spec. Rep. 100, Cambridge 38, Massachusetts, 1962.
- [6] M. ILL: Előadás IK 6 szekc. szimp. 1978. szept. Olsztyn Lengyelo., nyomtatás alatt.
- [7] S.-I. AKASOFU: Space Sci. Rev. 17, p. 489, 1975.
- [8] L.F. BURLAGA: Space Sci. Rev. 17, p. 327, 1978.
- [9] A. GERANIOS: Planet. Space Sci. 26, p. 571, 1978.
- [10] R.M. THORNE: COSPAR előadás TA. 8. 13, Innsbruck, 1978.



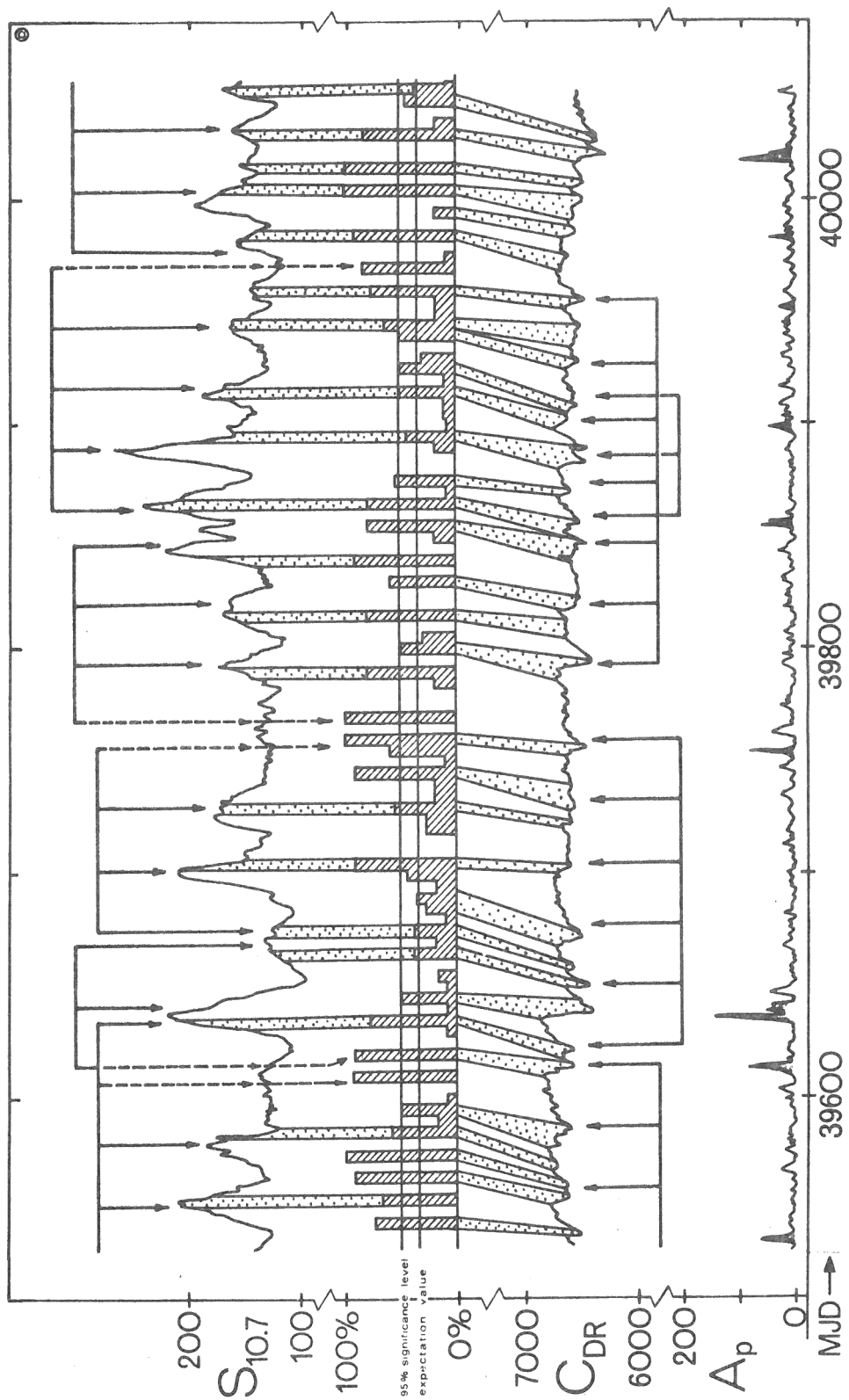
1. ábra



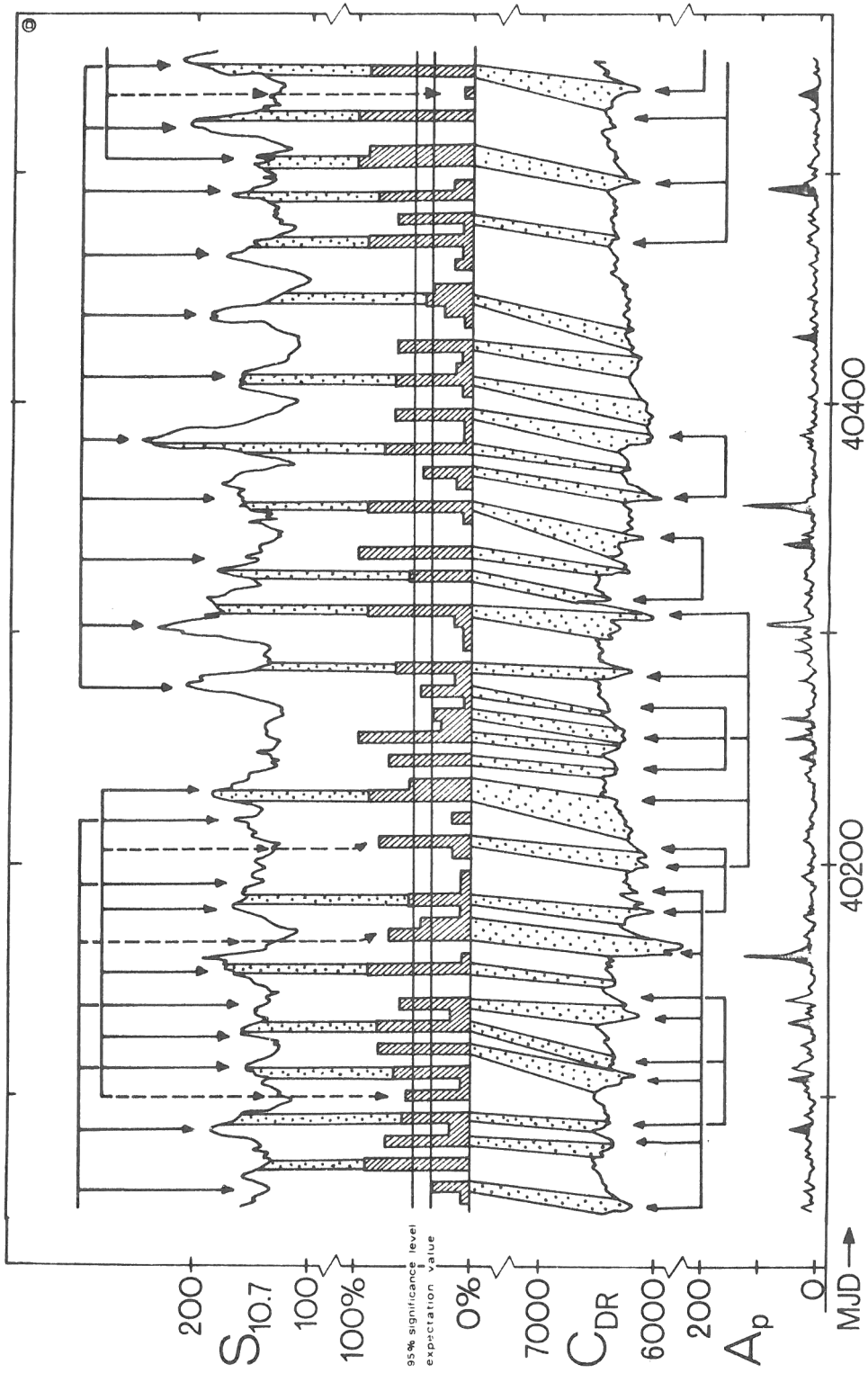
2. dbra



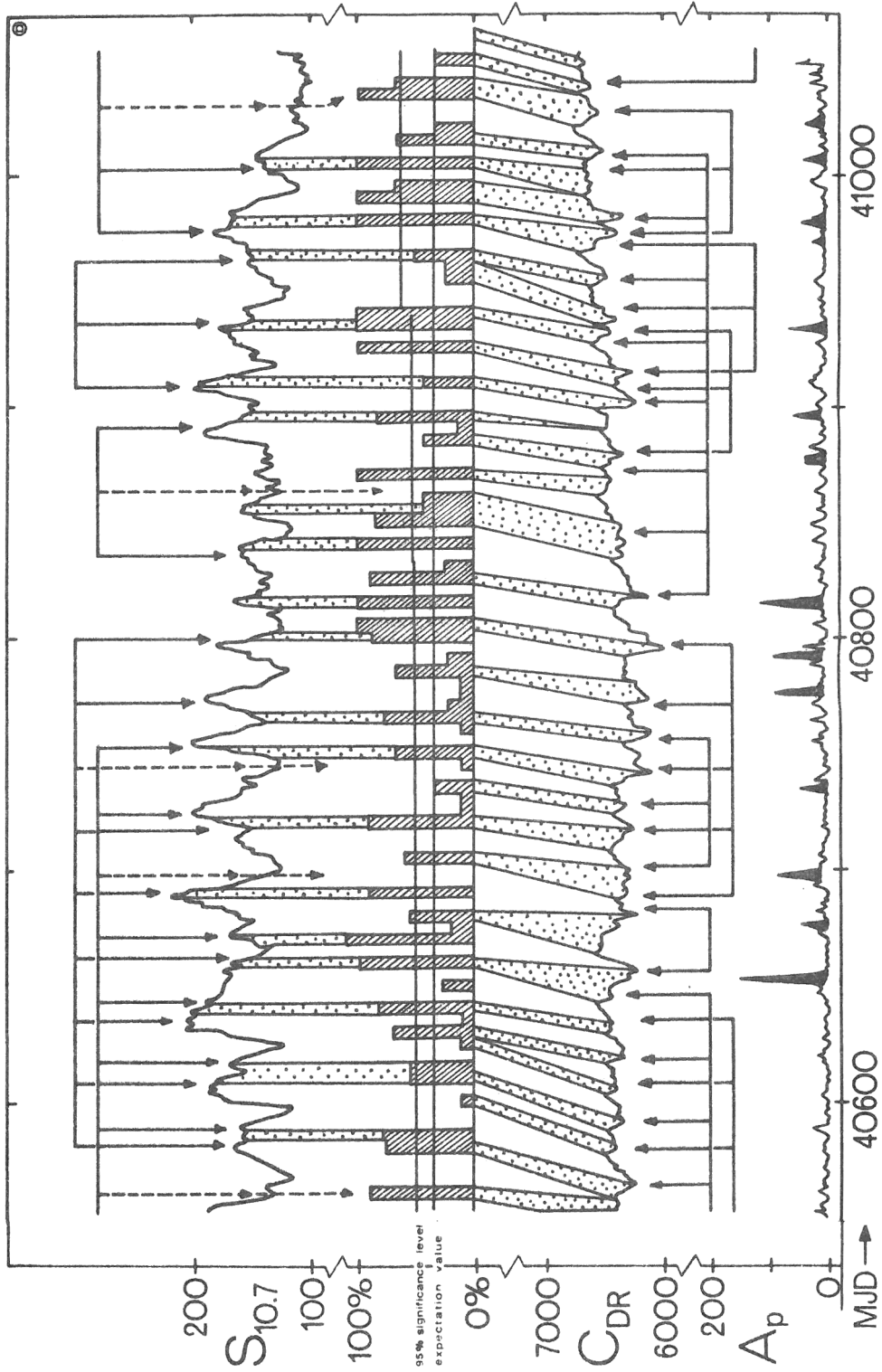
S. 2020



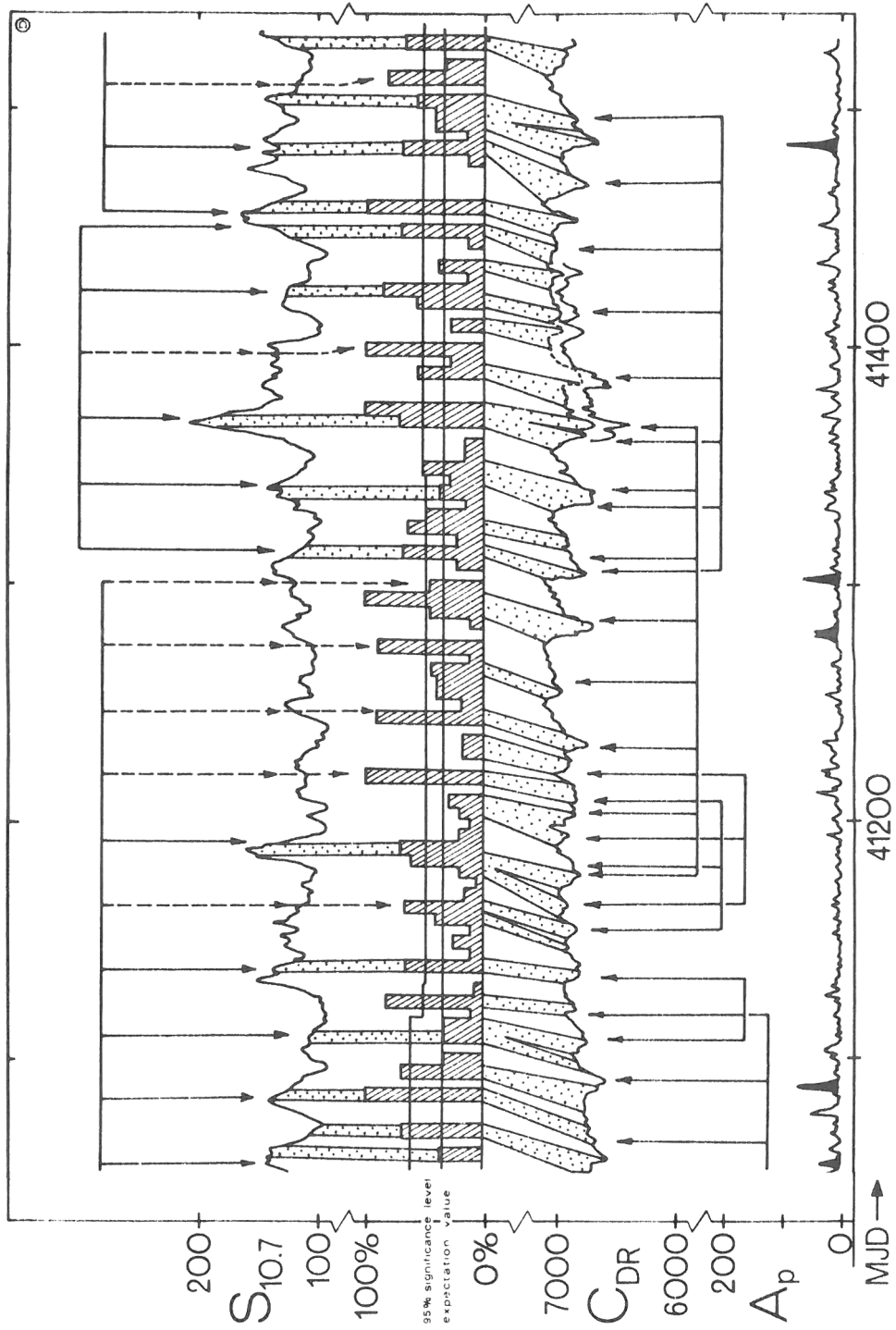
4. *abra*



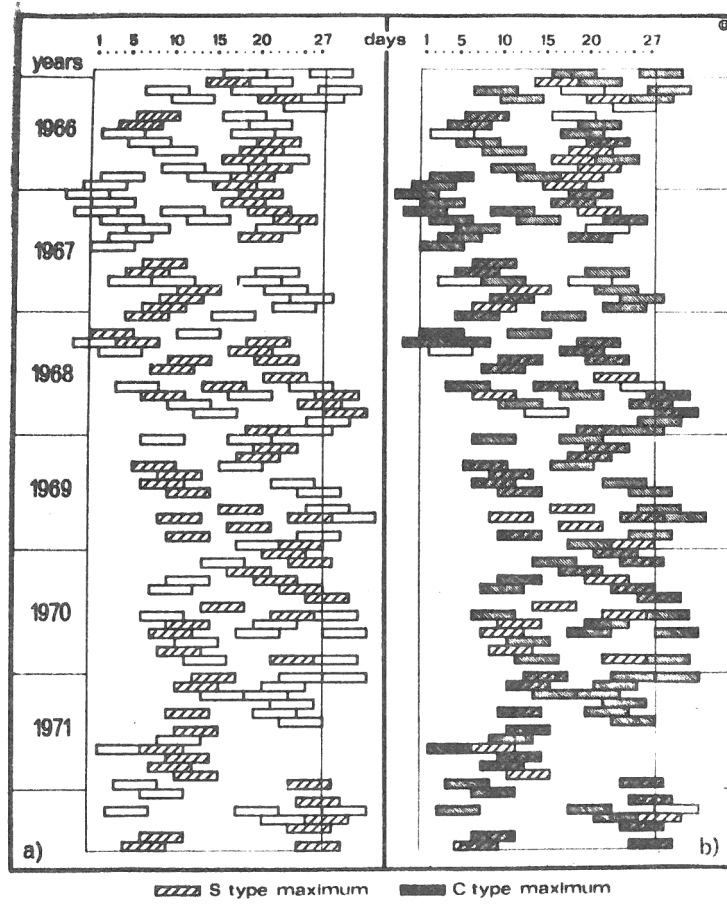
s. abra



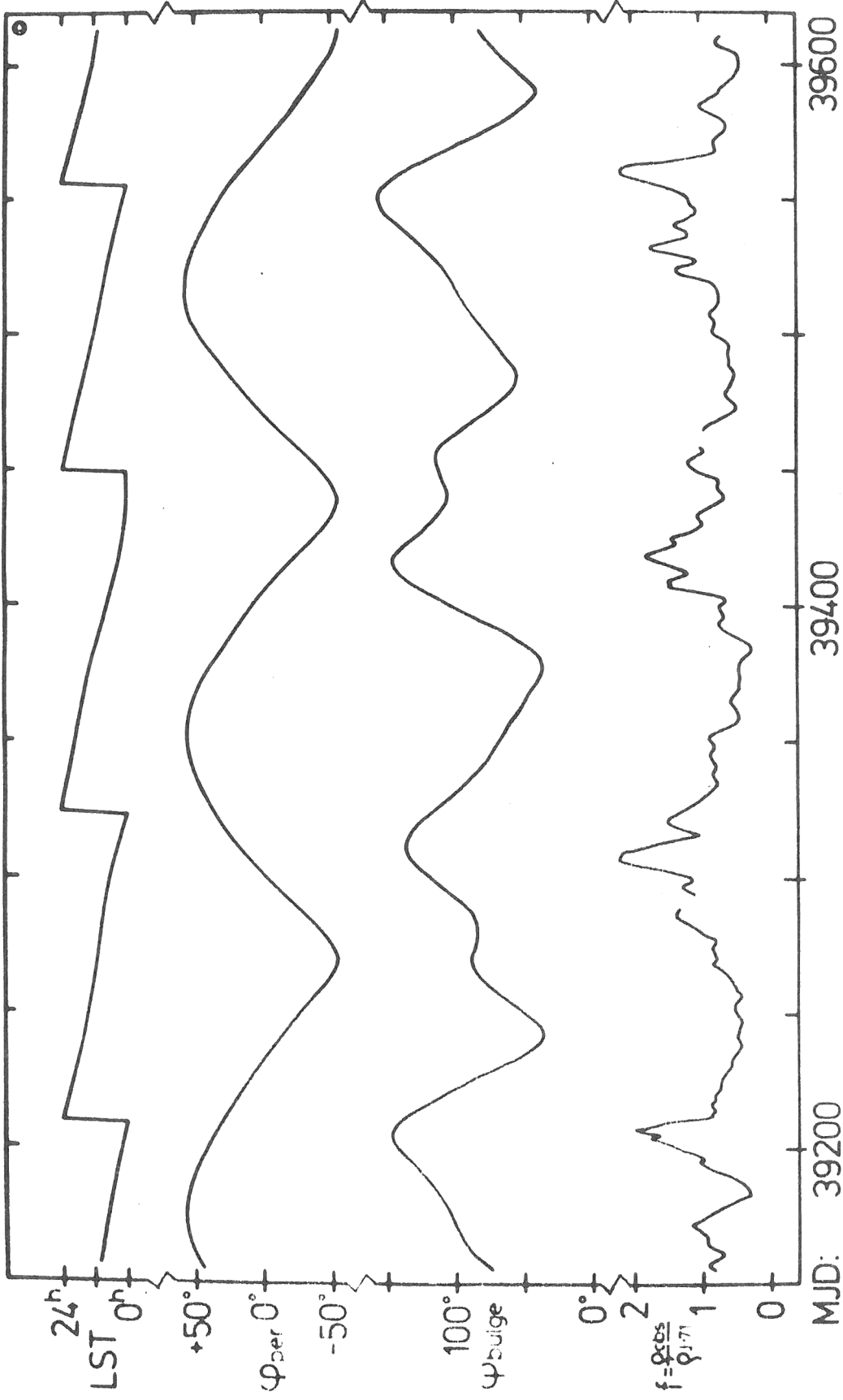
6. *abra*



1982



8. ábra



S. Abra