

GYÜRŐÁRAM-HATÁS A SEMLEGES FELSŐLÉGGYŰRKBEN

Illés E.,<sup>1</sup> Almár I.,<sup>1</sup> Bencze P.,<sup>2</sup> Horváth A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MTA Csillagászati Kutató Intézet, Budapest

<sup>2</sup>MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet, Sopron

BEVEZETÉS

A 200-500 km között fékeződő mesterséges holdak mozgására alapozott korábbi vizsgálatok jelezték, hogy geomágneses viharok után néhány napig még nagyobb marad a semleges légkör sűrűsége, mint ahogy azt a modellek alapján várni lehetne. A talált sűrűség-többletet --- miután időben a már jól ismert ionoszférikus utóhatással esett egybe --- annak analógiájára semleges légköri geomágneses utóhatásnak neveztük el (neutral post-storm effect; NPSE) (Illés-Almár et al., 1984), és kerestük azt a kiegészítőt vagy járulékos fűtést, amely a jelenségért felelős. A fékeződésen alapuló anyaggyenge időfelbontása azonban nem tette lehetővé a részletes tanulmányozást.

Miután a CNES szivességéből hozzájutottunk a CACTUS mikroakcelerométer 1975-77 időszakban 400 és 600 km között végzett méréseihez, a részletesebb vizsgálat e jobb időfelbontású, in situ mérési anyagon történt. Az idő- és térbeli változások szétválasztása azonban nehezebb ilyen esetben, amikor csak egy hold észlelései állnak rendelkezésre, ezért egyetlen magasságban végrehajtott mérésekre korlátozódtunk, és a magassági függést nem vizsgáltuk.

Összehasonlításként minden egyes mérés időpontjára és helyére kiszámítottuk a sűrűséget a francia DTM modellel (Barlier et al., 1978), geomágneses szempontból zavarmentes állapotot ( $K_p = 0$ ) feltételezve, és képeztük a

$$\Delta \rho = \rho_{\text{CACTUS}} - \rho_{\text{DTM } K_p = 0} \quad /1/$$

különbséget ("momentán"  $\Delta\varphi$ ). Feltételezve, hogy a DTM modell a nyugodt időszaknak megfelelő sűrűséget jól írja le, a  $\Delta\varphi$  értékek a geomágneses effektus tényleges lefolyását mutatják.

A kiválasztott magasság 400 km környéke (400-403 km) volt, mivel ebben a magasságtartományban a legtöbb és a legpontosabb a rendelkezésre álló adat. Ezek közé a magassághatárok közé a két éves intervallumban 6840 mérés esett, nagyjából fele részben a felszálló, felerészben a leszálló ágban. A két ág között a helyi időkülönbség körülbelül 6 óra volt. A pályasík lassú elfordulása miatt ugyanakkor egy-egy ágban a helyi idő egy nap alatt csak 1-2 tizednapot változott, ezért az ágakra külön-külön napi átlagot lehetett képezni.

A geomágneses utóhatásra vonatkozó korábbi eredményekből kiindulva a vihar főfázisán kívüli adatok közül a "visszatérési fázisok" időszakait elkülönítve vizsgáltuk. A visszatérési fázisokat a Dst index alapján határoztuk meg.

#### EREDMÉNYEK

Az NPSE igazolására meghatároztuk a  $\Delta\varphi$  és  $K_p$ , illetve  $\Delta\varphi$  és Dst közötti keresztkorrelációt (1. ábra). A görbe 6-8 napos eltolásnál mutat növekedést, ami az NPSE létének igazolása lehetne. A  $K_p$  és a Dst autokorrelációja azonban ilyen eltolásnál szintén növekedést mutat, vagyis a geomágneses tevékenységnek rekurrencia hajlama van ebben az időszakban. Emiatt a keresztkorrelációs módszer ez esetben nem alkalmazható annak egyértelmű megállapítására, hogy a sűrűség-növekedésért a semleges légköri geomágneses utóhatás-e a felelős.

Ezért a továbbiakban a vihar főfázisán kívüli adatokat két csoportra osztottuk aszerint, hogy a mérések viharok visszatérési fázisa idején történtek-e vagy sem. A 2. ábrán (bal alsó diagram) látezik, hogy a két csoport pontjai elkülönülnek. A  $K_p$  egységnyi intervallumaira képzett átlagértékeknek megfelelő pontokat legjobban megközelítő parabola:

$$\Delta\varphi = [0,054(K_p-1)^2 - 0,047] 10^{-12} \text{ kg/m}^3 \text{ a visszatérési fázis} \quad /2/$$

$$\Delta\varrho = [0,030(Kp-1)^2 - 0,079] 10^{-12} \text{ kg/m}^3 \text{ a többi pont esetén} \quad /3/$$

Az a tény, hogy a visszatérési fázisban ugyanakkora Kp-nek nagyobb érték felel meg, mint egyébként, az NPSE létére enged következtetni. Az a körülmény pedig, hogy  $\Delta\varrho$  Kp-nek kétértékű függvénye, azt jelzi, hogy a Kp nem minden időszakban megfelelő index a geomágneses effektus leírására. Ugyanezokat a  $\Delta\varrho$  értékeket Dst függvényében ábrázolva (most Dst intervallumonként közepelve; 2. ábra, jobb alsó diagram), egyértékű függvényt kapunk.

Ugyanezt mutatja az 1. Táblázat is, ahol a vihar utáni n. napokon mért  $\Delta\varrho$  értéket és a megfelelő Ap, illetve Dst indexek közötti korrelációs együtthatókat közöljük. Látható, hogy Ap esetén a korrelációs együttható sokkal gyorsabban csökken, vagyis a vihar utáni napokban Ap vagy a vele ekvivalens Kp egyre kevésbé jól használható index a jelenség leírására.

#### MODELLJAVASLAT

Felhasználva azt a körülményt, hogy  $\Delta\varrho$  Dst-nek egyértékű függvénye, a Dst függvényében az összes adatot (most már a zavart napokéval együtt) is ábrázoltuk. A 3. ábrán a pontok az intervallum első felére (MJD 42590-43010) vonatkozó napi átlag  $\Delta\varrho$  értékek. A hozzájuk legjobban illeszkedő egyenes a

$$\Delta\varrho = (-0,0125 \text{ Dst} - 0,110) 10^{-12} \text{ kg/m}^3 \quad /4/$$

kifejezéssel adható meg. Ez a DTM modellben kis szélességen a geomágneses effektus leírására javasolt formula. A 4. ábra baloldalán a  $\Delta\varrho$  értékeket a /4/ egyenlettel redukálva kapott maradékok hisztogramja látható a meghatározási intervallumra; ugyanezt kontrollképpen az ábra jobboldalán egy másik időintervallumra (MJD 43011-43320) mutatja be.

Ugy tűnik, hogy a /4/ egyenlet érvényessége a teljes intervallumra kiterjeszhető.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Mínt hogy lehetett találni egy olyan geofizikai paramétert, amelynek segítségével a geomágneses effektus valamennyi fázisban jól leírható, ezért arra következtethetünk, hogy az NPSE időszakában nem járulékos fűtésről van szó, ahogyan azt korábban feltételeztük. Az a mechanizmus, amely a visszatérési fázisban a sűrűség-többletet okozza, már a vihar főfázisában is működik. Vagyis nem egy, a vihar után jelentkező fűtésről, hanem a vihar kezdetétől jelen levő, és a vihar visszatérési fázisa alatt is működő fűtésről van szó. A 3. ábra a Dst-vel való jó korrelációt tekintve azt sugallja, hogy --- legalábbis a  $\pm 30^\circ$  szélességi zónában --- a mért sűrűség-növekedést a gyűrűáramból kicsapódó töltött részecskékkel kapcsolatos fűtés okozhatja, ugyanis a Dst index a gyűrűáram intenzitását jellemzi. Ez a tény arra hívja fel a figyelmet, hogy --- legalábbis kis szélességeken --- működik egy, a sarki fény övezet fűtésétől különböző másik energiaforrás is. Tehát a korpuszkuláris fűtés komplex: létezik egy poláris és egy egyenlítői forrás, és a modellekbe ez utóbbit is be kell építeni. Ehhez azonban tisztázni kellene, hogy a két energiaforrás hatása hogyan változik a szélességgel, változik-e a napszakkal, és milyen a késési idejük egymáshoz és a jellemzésükre használt indexekhez képest. A 2. ábra felső része arra utal, hogy a gyűrűáram-fűtés által okozott sűrűség-növekedés függ a napszaktól. Ennek tisztázása azonban egy további dolgozat témája.

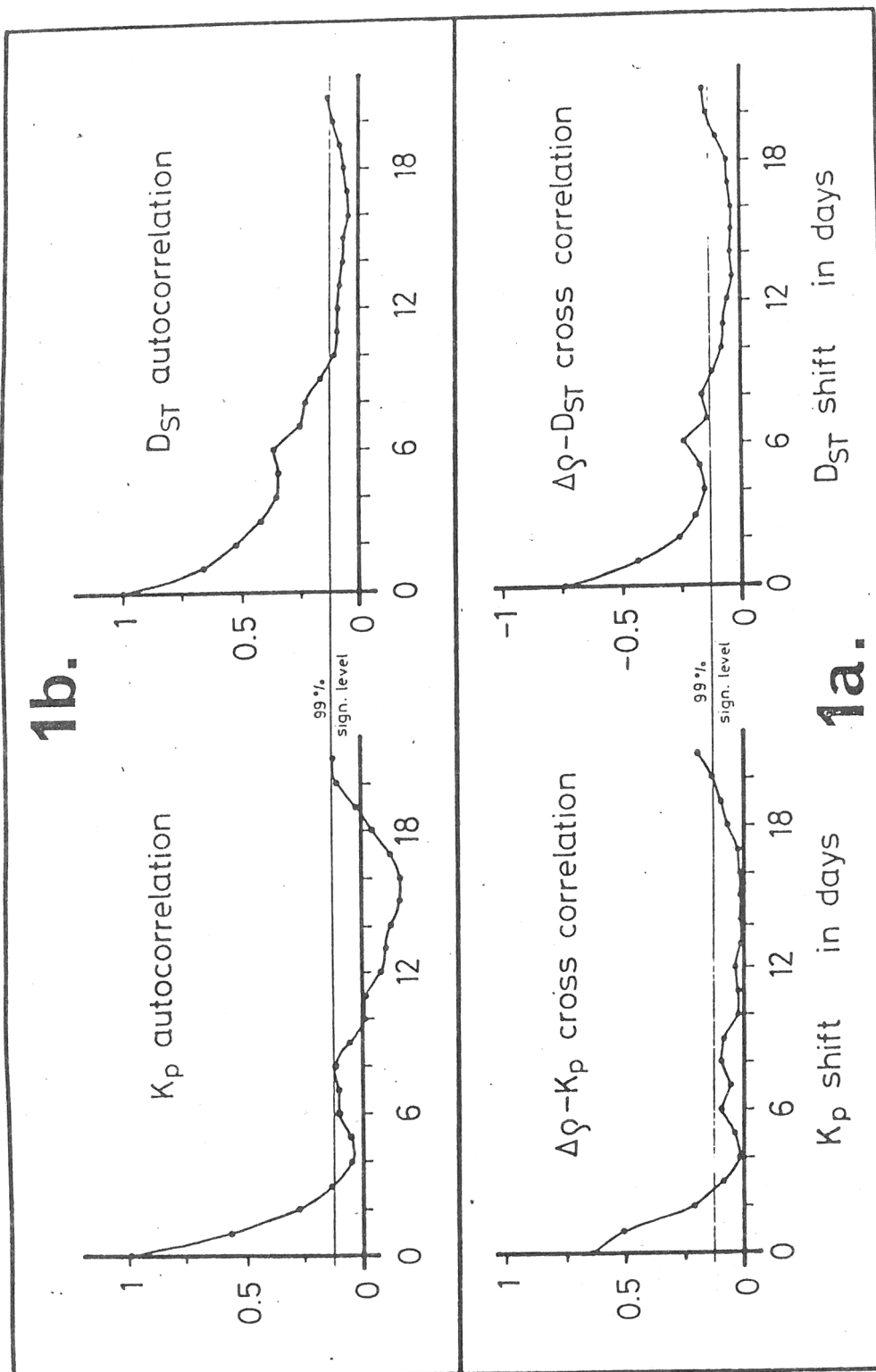
Köszönetünket szeretnénk kifejezni Barlier professzornak, hogy lehetővé tette a CACTUS adatok felhasználását, Tóth Károlynak, Balázs Lajosnak, Holl Andrásnak a mindig segítőkész magatartásáért számítástechnikai problémáink megoldásánál, Nagy Máriának a programozásért és adatkezelésért, Decsy Pálnak az adatok előkészítéséért és a rajzok elkészítéséért.

IRODALOM

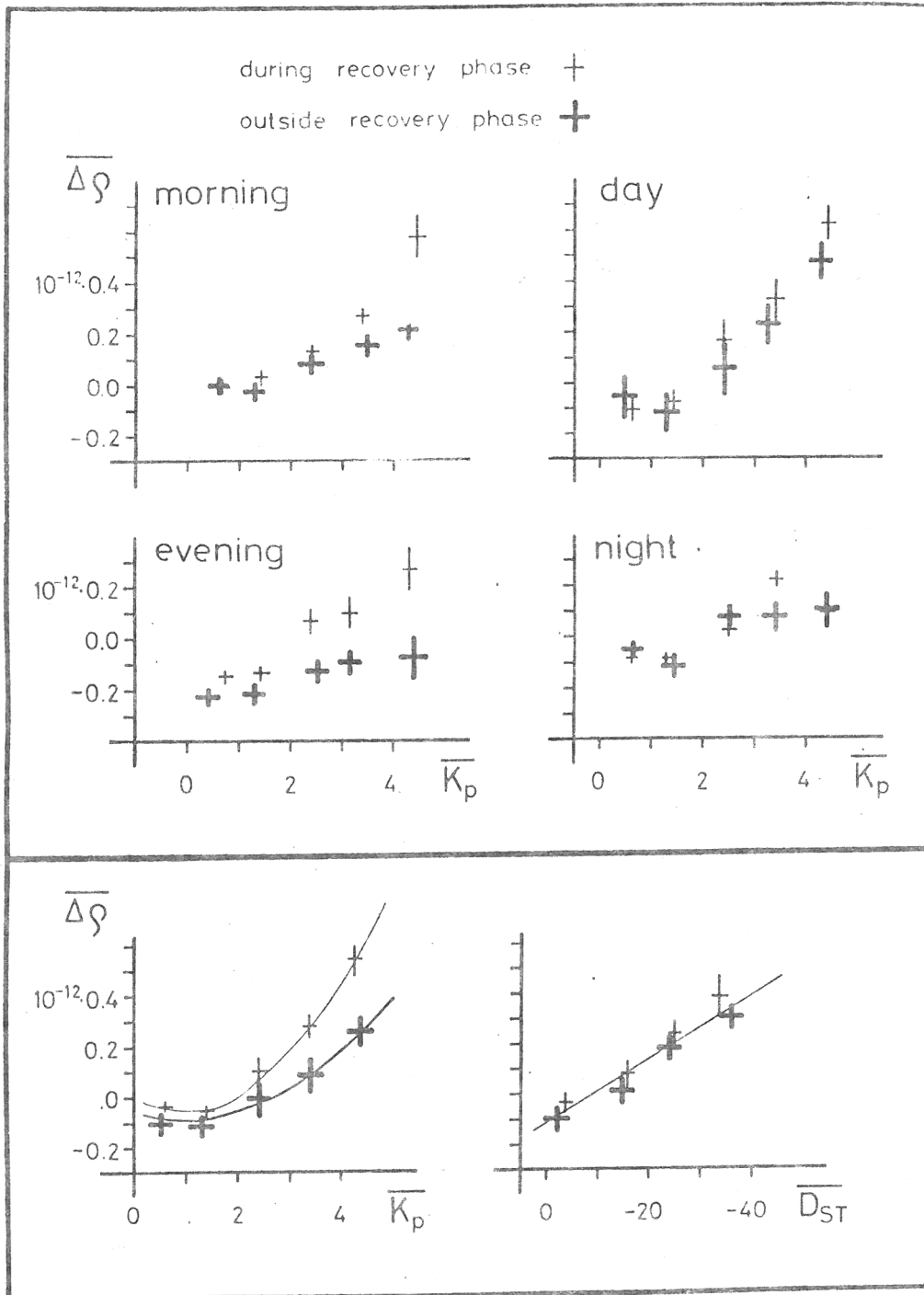
- Barlier, F., Berger, C., Falin, J.L., Kockarts, G.,  
Thuillier, G., 1978: A thermospheric model based on satellite  
drag data. Ann. Geophys. 34, 9-24.
- Illés-Almár, E., Bencze, P., Márcz, F., 1984: Is there any  
"after-effect" in density variations of the neutral  
upper atmosphere? Nabl. Isz 23, 333-337.

1. TÁBLÁZAT

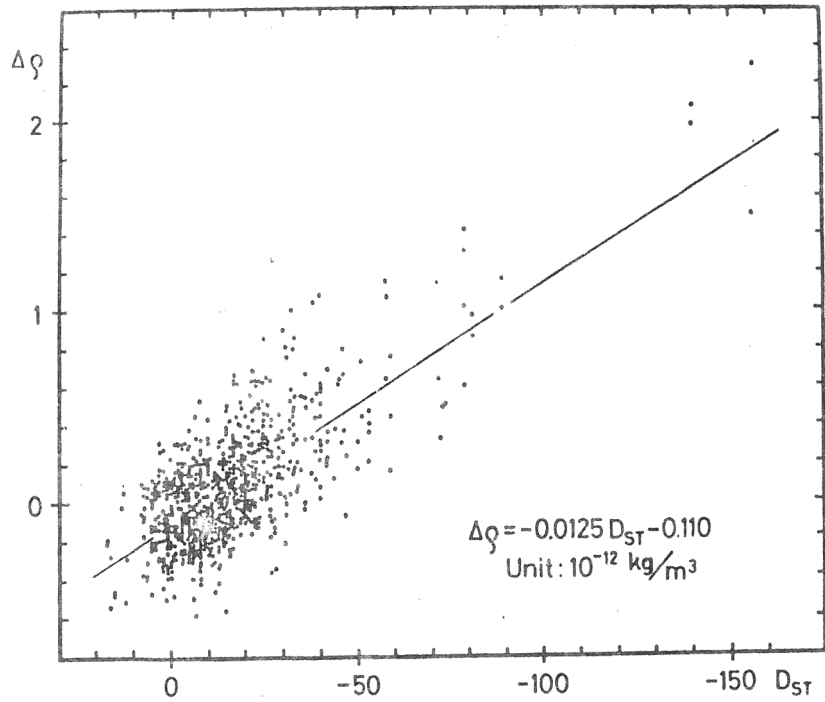
viharkezdés utáni nap n	pontok száma	korrelációs Ap-vel	együttható Dst-vel
1	40	0.636	-0.644
2	34	0.760	-0.631
3	30	0.729	-0.627
4	25	0.665	-0.602
5	19	0.436	-0.580
6	10	0.448	-0.617
7	5	-0.139	-0.537



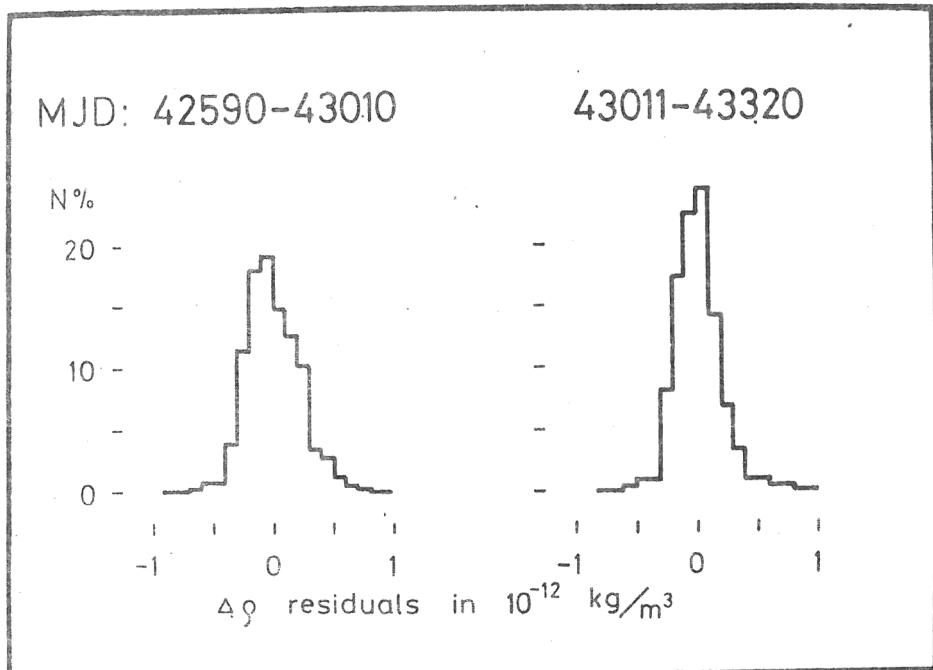
1. ábra Napi átlagértékek közötti kereszt- és autokorreláció.



2. ábra A sűrűsénynövekedés geomágneses viharok főfázisán kívüli időszakban  $K_p$  kétértékű függvénye, de egyértékű függvénye  $D_{ST}$ -nek, ha a visszatérési fázis alatt végrehajtott méréseket a többitől elválasztva kezeljük. A jelenség egy napszaktól való függőséget is sejtet.



3. ábra Napi átlagértékek  $\Delta\rho(D_{st})$  függése és modelljavaslat.



4. ábra A javasolt modell alkalmazása után a maradékértékek eloszlása a meghatározási és a kontrollintervallumban.