

Magyar Űrkutatási Fórum 2019. április 24

# A Budapesten és Baján végzett felsőlégköri kutatások története és eredményei az interneten

*Illés Erzsébet, Almár Iván, Nuspl János*


MTA CSFK Csillagászati Intézet

# Céljaink

- A magyar csillagászok által kerekén 60 éven át folytatott, *első űrkutatási projekt* szétszórta, különböző nyelveken megjelent eredeti dolgozatainak összegyűjtése és hozzáférhetővé tétele;
- A vezető *kutatók és eszközeik*, illetve az akkori és a mai *intézmények* bemutatása;
- Az egész anyag *megőrzése* az utókor számára.

## The History and Results of Upper-Atmospheric Research in Budapest and Baja Using Artificial Satellites - in memoriam Dr. Márton ILL

### A Budapesten és Baján mesterséges holdakkal folytatott felsőlégköri kutatások története és eredményei - *tisztelgés* Dr. ILL MÁRTON emléke előtt

KONKOLY		BAJA
Összegző cikk	<b>Előszó és összefoglalás</b>	ILL Márton emlékére
Bevezető cikk - 1	<p>A múlt század ötvenes éveinek végén az első mesterséges holdak felbocsátásával forradalmi változás ment végbe kozmikus környezetünk vizsgálatában. Már 1957 októberében újszerű, bonyolult csillagászati feladatnak, kihívásnak bizonyult a csillagok között gyorsan haladó első Szputnyik optikai követése egy olyan pályán, amely párszáz kilométer magasságban, a szinte teljesen ismeretlen felsőlégkörben húzódik. Amíg a műhold rádióadója működött, addig a pályameghatározás erre alapozva megoldható feladat volt, de amint a rádiókapcsolat megszakadt, már csak a gyorsan felállított, gyakorlatlan, vizuális műholdkövető állomások pontatlan megfigyeléseire lehetett támaszkodni, sőt a Szputnyik-1-nél fényesebb hordozórakéta-fokozat esetében kezdetől fogva. A moszkvai Kozmosz számítóközpont táviratilag küldött előrejelzései, amelyek a megfigyelendő műholdak egy adott időpontban várható égi pozíciójának koordinátáit tartalmazták, eleinte rendkívül pontatlanok voltak, ami megnehezítette az értékelhető megfigyelések végrehajtását valamennyi, a programba bekapcsolódó országban, köztük hazánkban is.</p>	IMEK16 meghívó
Bevezető cikk - 2		Konferencia videók
Almár interjú		ILL interjú
Illés interjú	<p>Tudván, hogy a műholdak is a csillagászatban abszolút pontosan kidolgozott pályaszámítás képleteit követve keringenek, a szakemberek rövid időn belül azokra a zavaró hatásokra kezdtek koncentrálni, amelyek csak a Föld felszínéhez viszonylag közel (néhány száz kilométer magasságig) jelentkeznek, de a természetes égítest szomszédainknál, például a Holdnál már nem. Ezek közül a Földünk alakjának a tökéletes gömbtől való eltérése volt az egyik, amely azonban geodéziai módszerekkel viszonylag könnyen figyelembe vehető. A másik, a semleges felsőlégkör (szaknyelven a termoszféra vagy exoszféra) okozta fékezés lehetett, amelyet eleinte egyáltalán nem tudtak előre jelezni. A meteorológiai mérések (repülőgépekről, léggömbökről) legfeljebb a sztratoszféráig terjedtek, a felette lévő légköri rétegekről gyakorlatilag nem voltak ismereteink. Márpedig hamar kiderült, hogy a semleges felsőlégkör – bár e magasságokon már nagyon ritka – képes annyira lefékezni a benne repülő műholdakat, hogy azok keringési ideje egyre csökken mindaddig, amíg azután elégnek a légkörben.</p> <p>A kutatók arra is rájöttek, hogy ráadásul ez a légköri fékezés egyáltalán nem állandó, hanem – elsősorban a naptevékenységgel összefüggésben – erőteljesen ingadozik. A műholdak pályáinak megfigyelt módosulásaiból következtetni lehetett a különféle hatásokra, amelyek összefüggnek a Nap-Föld kapcsolatok korábban ismeretlen sajátosságaival. Vagyis már az első műholdak pályakövetése (csillagászati módszerekkel) példátlan esélyt kínált egyrészt a Föld alakjának pontosabb meghatározására (geodéziai módszerekkel), másrészt a felsőlégkör sűrűség- és hőmérsékletváltozásai alapján egy olyan felsőlégköri modell kidolgozására, amely magában foglalja a naptevékenység légköri hatásainak tisztázását is (geofizikai és napfizikai módszerekkel). Mindennek nem elhanyagolható gyakorlati jelentősége is volt, hiszen pontos felsőlégköri modellek kellettek például a műholdak várható élettartamának kiszámításához, a Föld alakjának jobb megismerése pedig a térképészetet is segítette.</p> <p>Hazánk hogyan vett részt ezekben a drámai gyorsasággal fejlődő kutatásokban? Hatvan év elteltével nyugodtan megállapíthatjuk, hogy méretünkhöz és anyagi lehetőségeinkhez képest mindkét területen gyorsan és sikeresen be tudtunk kapcsolódni a nemzetközi együttműködésben folyó munkába, sőt számos új ötlettel és vizsgálati módszerrel gazdagítottuk ezt az új szakterületet. A Szovjetunió Tudományos Akadémiája által kezdeményezett együttműködés keretében 1958 elején az MTA Csillagvizsgáló Intézetében, majd valamivel később a Bajai Obszervatóriumban megkezdődött a vizuális műholdmegfigyelő állomások szolgálatsterüli működése. Ehhez kapcsolódott később Szombathely és Miskolc is. Gyorsan továbbfejlesztettük a távcsöveket és az időszolgálatot, hogy kevesebb észlelő, hatékonyabban és pontosabban láthassa el a feladatot. S ami ennél még sokkal fontosabb, már 1961-től az Ill Márton által kezdeményezett INTEROBS programmal (elsőként a keleti blokk országai közül) önálló útra térve igyekeztünk megfigyeléseinket a műholdak pályaszámításán keresztül a felsőlégkör vizsgálatára hasznosítani.</p> <p>Ez az út, több fordulat és átalakulás után, évtizedeken keresztül kiemelkedő, nemzetközileg is ismert kutatási eredményekre vezetett Budapesten és Baján. Tulajdonképpen ez volt Ill Márton vezetésével a Bajai Csillagvizsgáló fő programja egészen 1990-ig. Munkatársai közül Sütő Károly, Both Előd és Nagy Sándor neve említendő. A bajai csillagászok szoros kapcsolatban dolgoztak a Francois Barlier professzor vezette francia kutatócsoporttal, és részt vettek felsőlégköri modelljük tökéletesítésében is. Az MTA Csillagvizsgáló Intézetében a kutatócsoportot, amely ugyanazon cél érdekében, de más módszerekkel dolgozott, lényegében Illés Erzsébet (1932-2012) vezette. A bajai csillagászok között volt Illés Erzsébet is. (A bajai csillagászok között volt Illés Erzsébet is.)</p>	DSc disszertáció
Almár DSc		Both Előd doktori
Illés kandidátusi		Veres Ferenc doktori
Publikációk		Bajai történehez
Magyar cikkek		Planetárium - Baja
MTA CSFK CSI		KGO és Baja
MTA CSFK GGI		Szubjektív emlékezés
MTA CSFK	KGO	
MTA	Bajai Obszervatórium	
		SZTE TTIK
		SZTE

# Tartalom

- *Baloldalon* a Budapesten, a Konkoly Obszervatóriumban végzett munka főbb szereplőinek és eredményeinek bemutatása (disszertációk, publikációk, magyar cikkek), fontosabb linkek,
- *Jobboldalon* a Baján végzett munka (disszertációk),
- ILL Márton emlékkonferencia (IMEK), KGO és Baja, a Bajai Obszervatórium 1990 után és a jövő tervei, fontosabb linkek,
- *Középen* „Előszó és összefoglalás” (magyarul és angolul).

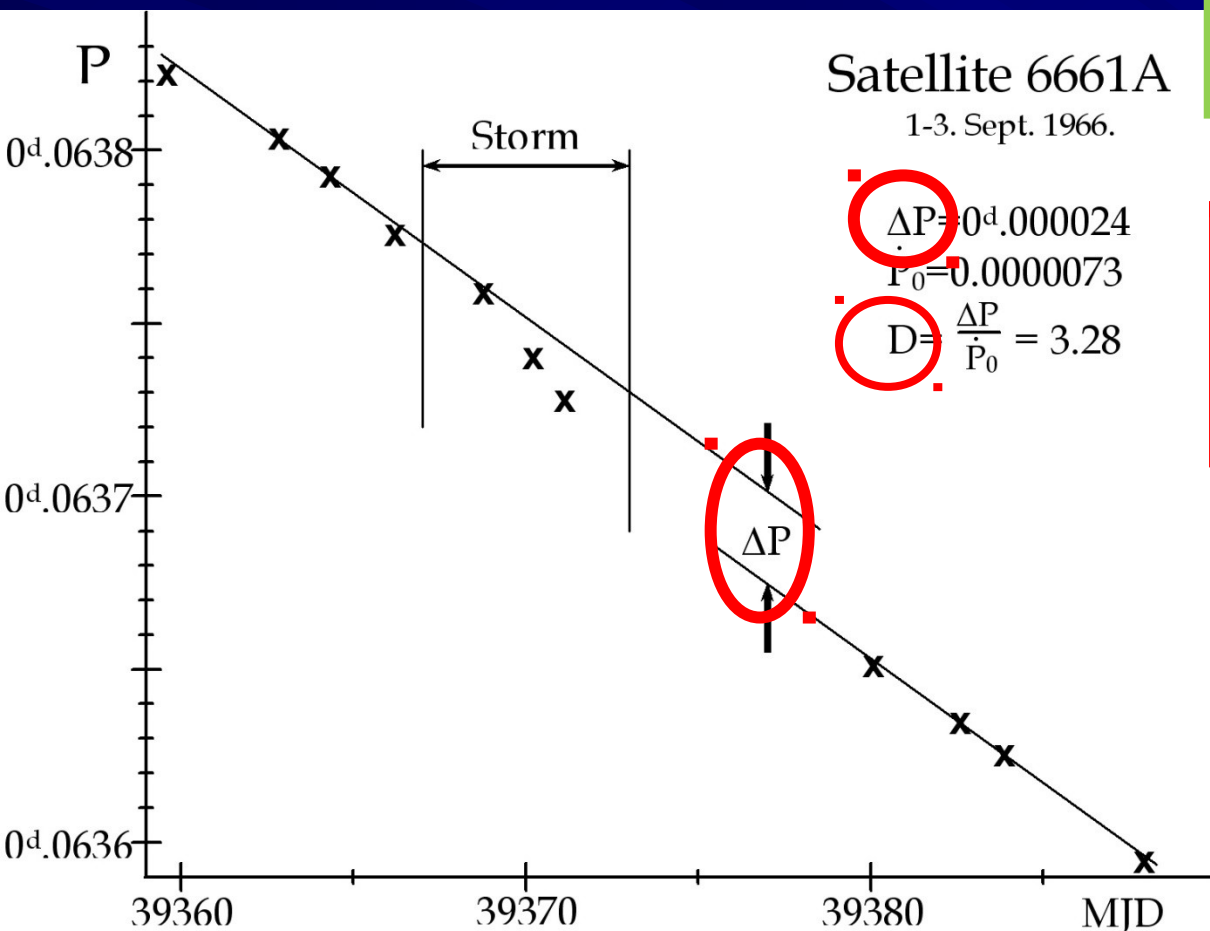
A kérdéses weboldal megtalálható:

■ <https://konkoly.hu/imekweb/index.html>

# A fontosabb budapesti tudományos eredmények

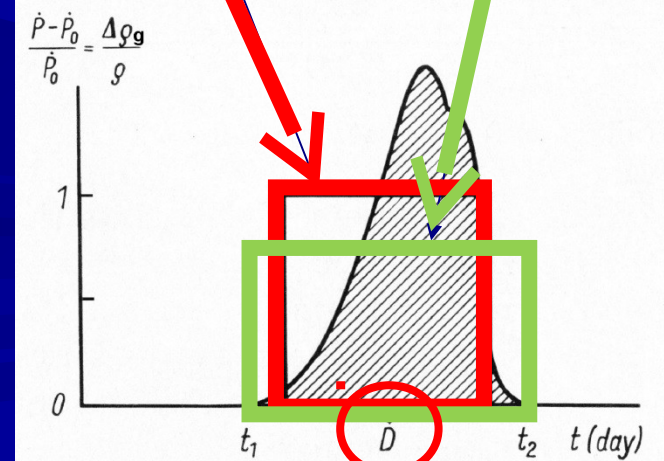
- *Geomágneses viharok* idején fellépő sűrűségnövekedés sokoldalú vizsgálata, a *gyűrűáramfűtés* felfedezése, modelljavítás;
- *Észak-Dél aszimmetria* felfedezése;
- A geomágneses viharok utáni fokozott *felhősödés* felfedezése (Eurázsiaiban végzett megfigyelések alapján);
- *Légköri hullámok* kimutatása és vizsgálata.

*A D „ekvivalens időtartam” a geomágneses vihar összenergiájának meghatározására szolgál a periódusgörbe eltolódásából. Miután a vizuális észlelések időfelbontása nem tette lehetővé a sűrűségprofil kellő felbontású meghatározását, hogy abból a sűrűséggörbe-alatti területet ki lehessen számítani, a spektroszkópiában használt „ekvivalens szélesség” definícióját általánosítva jutottunk mégis hozzá az integrál értékéhez.*

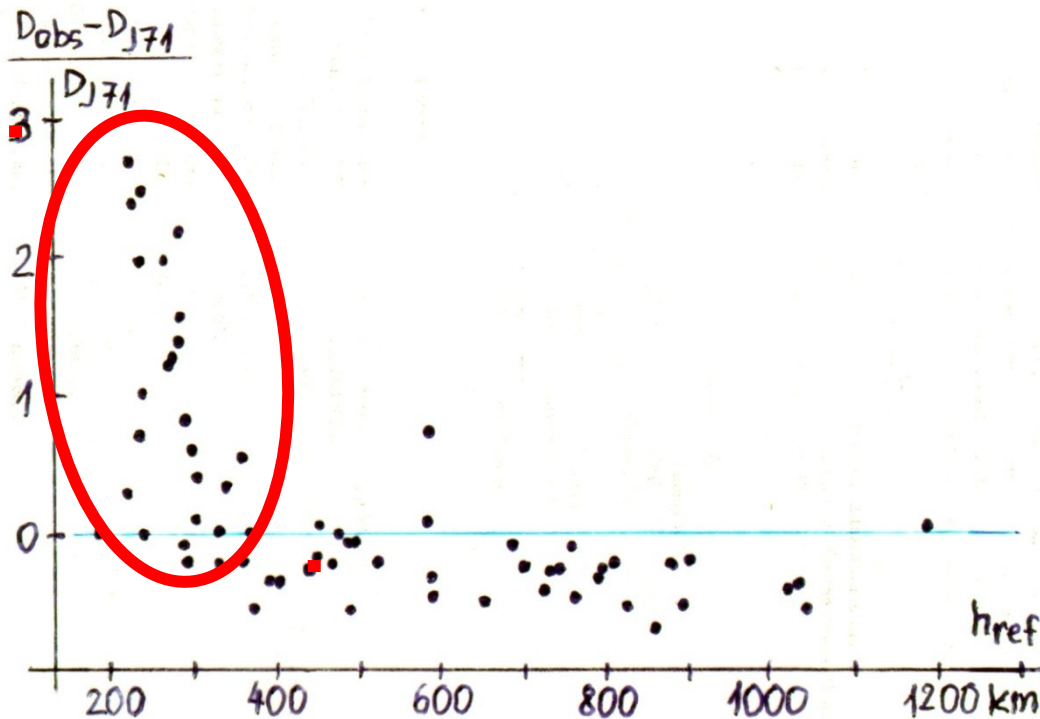


**Spektroszkópia:  
ekvivalens szélesség**

**Felsőlégtörkutató:  
ekvivalens időtartam**



**A felsőlégköri sűrűség nemzetközi standard modelljének hibája a magasság függvényében  
(14 geomágneses vihar 62 D-érték alapján).**



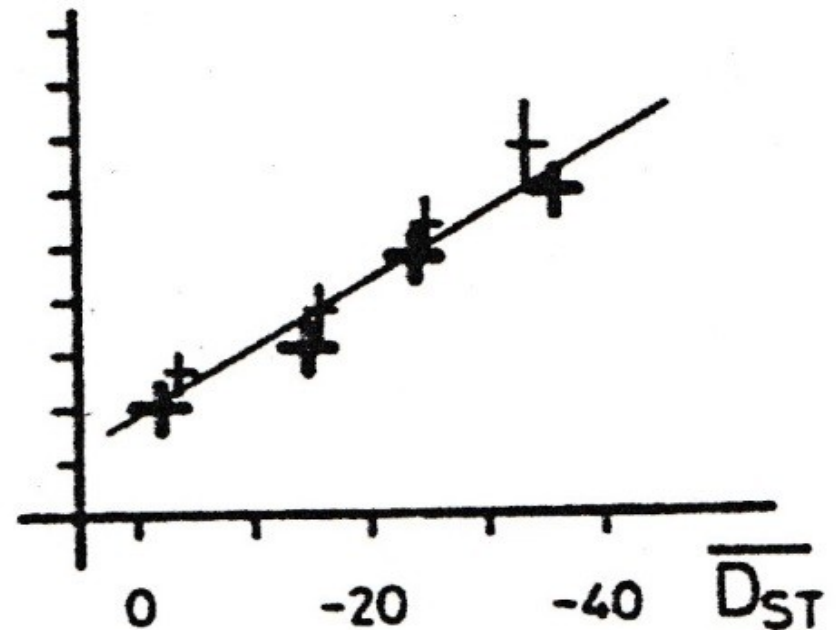
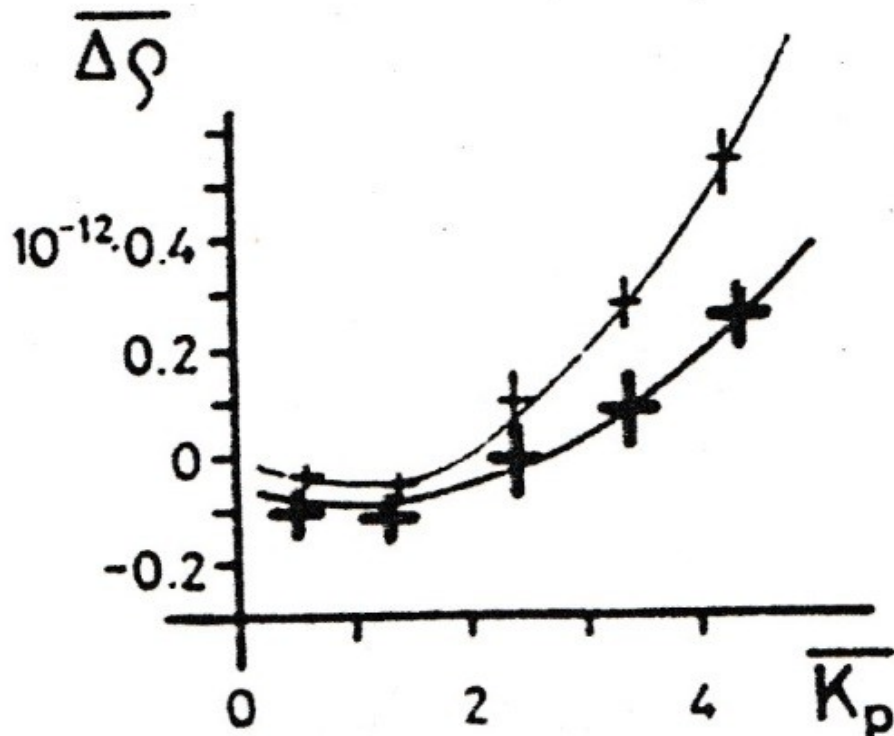
**A légsűrűség mért D, illetve modell D értékeinek arányát rajzoltuk fel a magasság függvényében. Látható, hogy az MSIS modell kb. 300 km alatt jelentősen alulbecsülte a geomágneses viharok idején mért sűrűséget. A hiba 250 km környékén elérte az 500%-ot.**



# Vizuális megfigyelések alapján a sűrűség

**Kp-nek  
kétértékű  
függvénye**

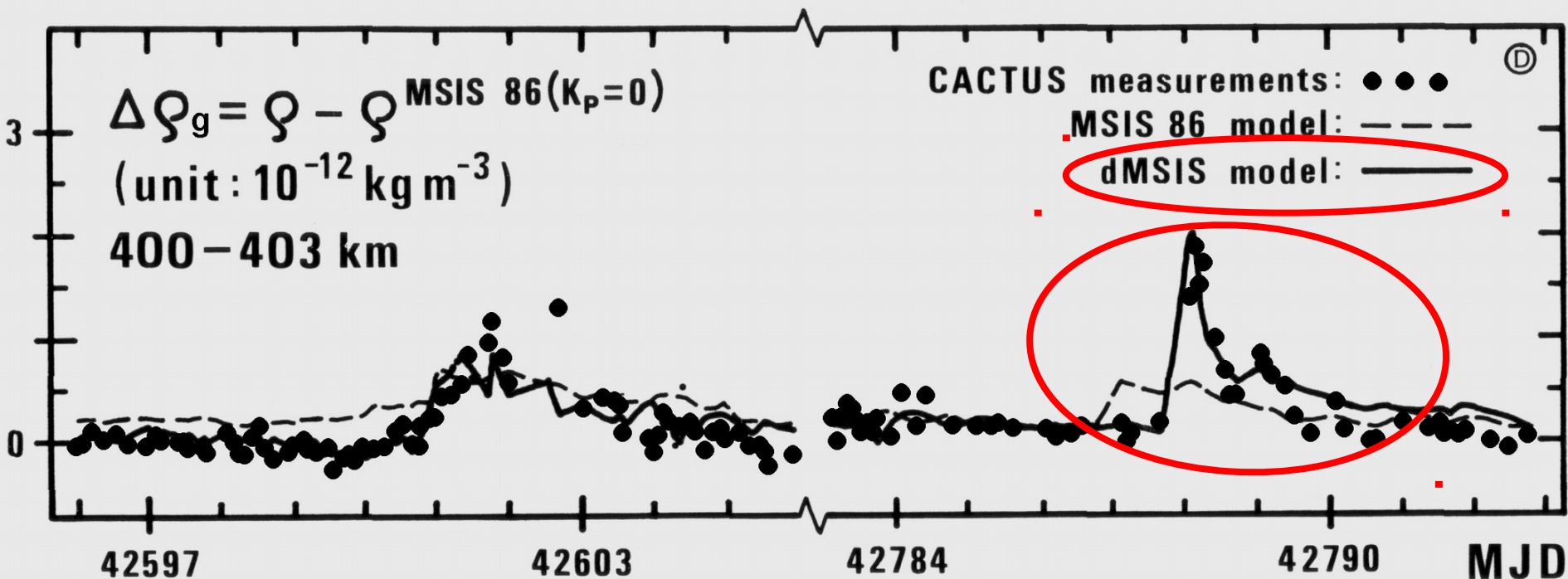
**Dst-nek  
egyértékű  
függvénye**



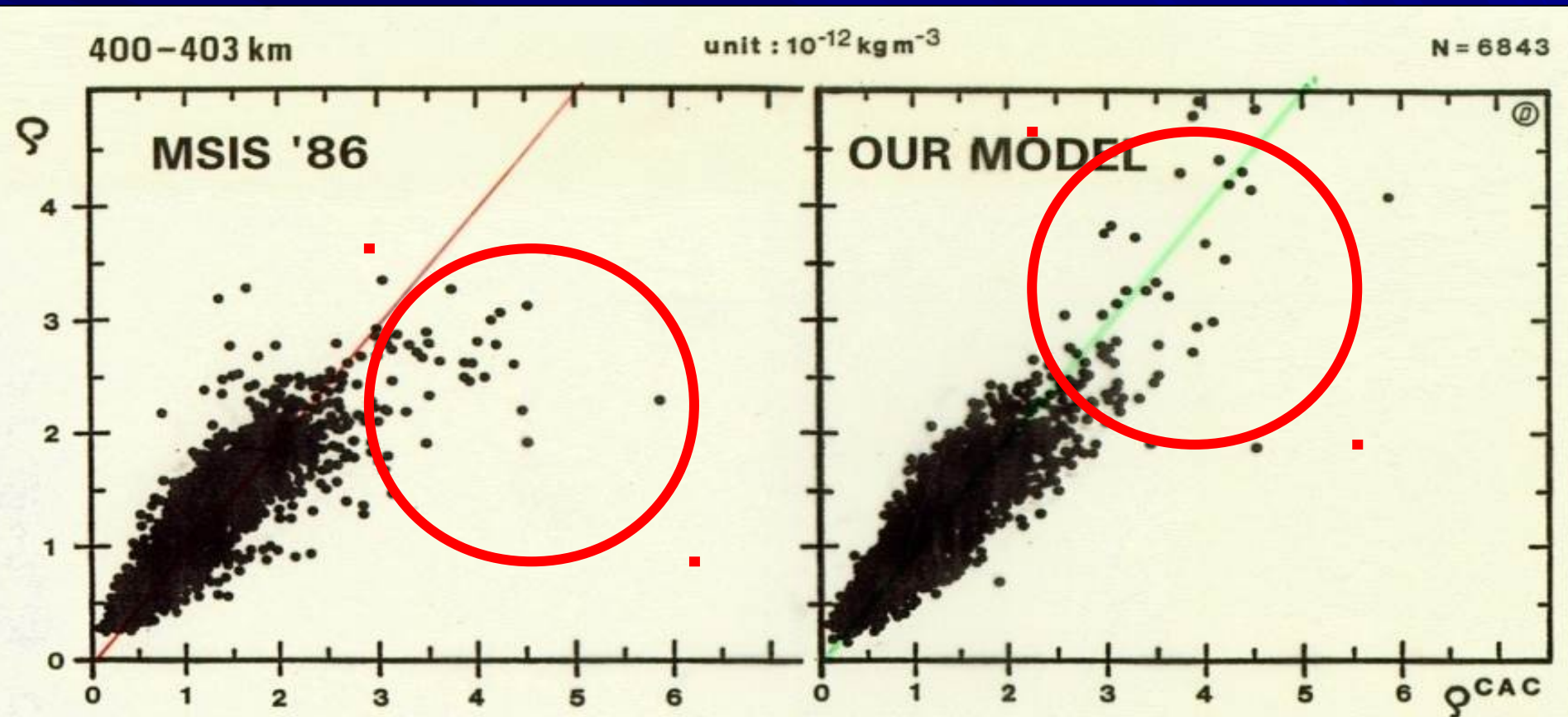
# Modellalkotás a geomágneses effektusra, amely egyúttal javítás az MSIS 86=CIRA nemzetközi standard felsőlégköri modellre

$$\rho^{dMSIS} = \rho^{MSIS'86} + \rho^{MSIS'86} [b(h)D_{ST} + c(h)]$$

where  $b(h) = A_b + B_b \cdot h + C_b \cdot h^2 = 0.00719138 - 4.88831 \cdot 10^{-5} \cdot h + 5.12381 \cdot 10^{-8} \cdot h^2$   
 $c(h) = A_c + B_c \cdot h = -0.21 + 0.000355 \cdot h$



A mért és modellekkel számolt sűrűségi adatok összevetése mutatja, hogy nagy sűrűségeknél a Dst függő tagot tartalmazó dMSIS modellünk sokkal jobb, mint a nemzetközi MSIS'86 modell. S egyúttal bizonyítja, hogy a magnetoszféra által a napszélből megcsapolt energia nemcsak a poláris, hanem az egyenlítői vidékeken is fűti a semleges felsőlégkört.

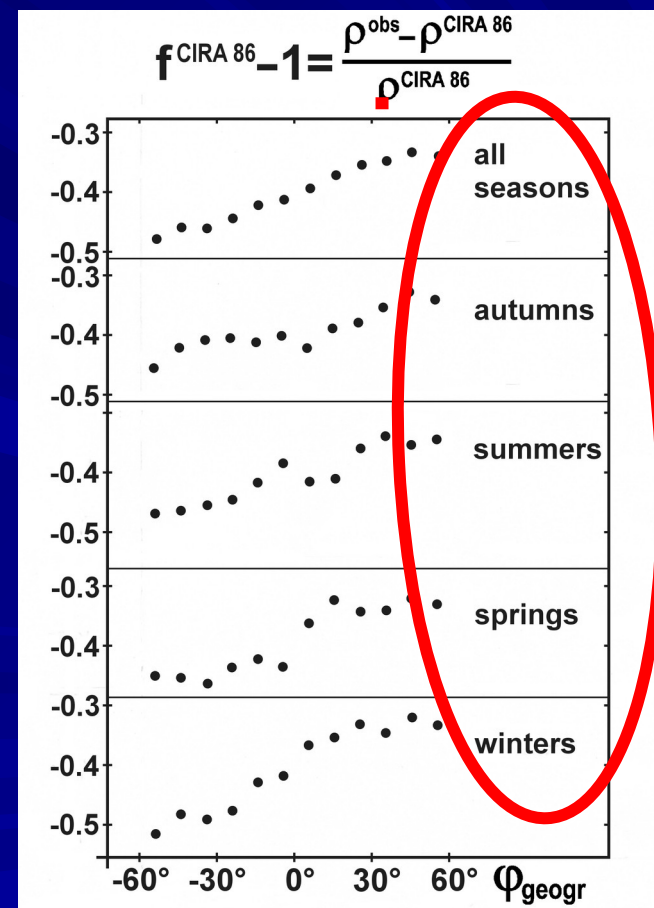
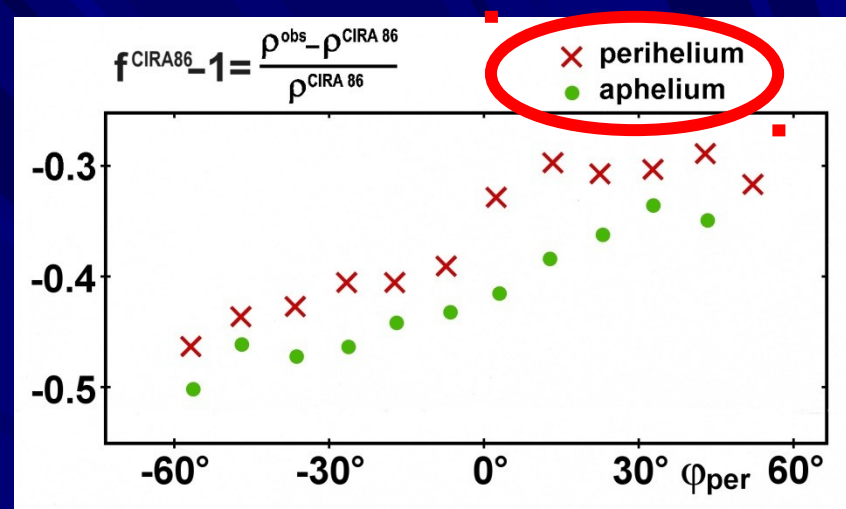
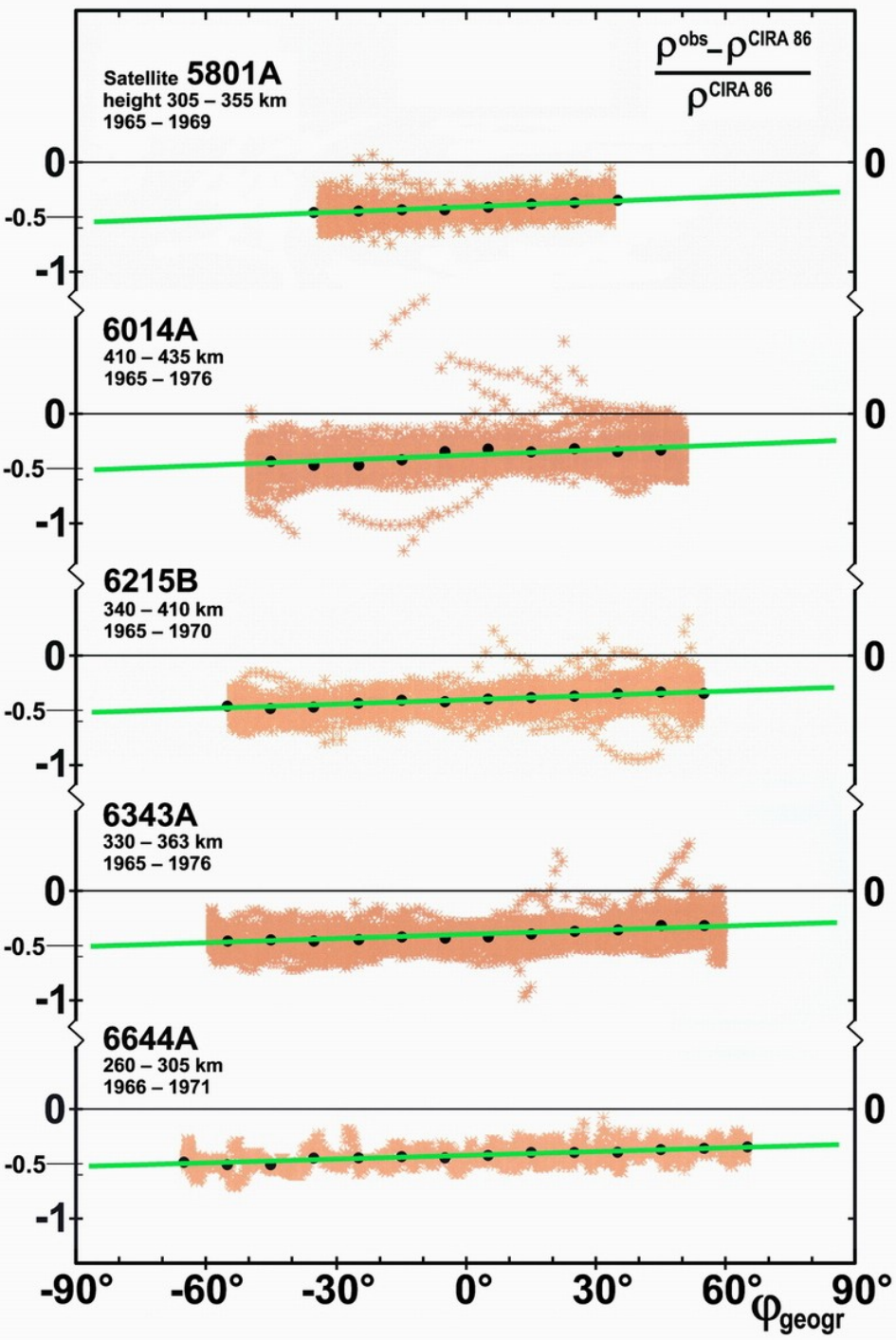


1960-70-s évek vizuális megfigyeléseinek  
újrafeldolgozásai a 2000-es években

## Észak – Dél aszimmetria:

a semleges felsőlégkör sűrűsége  
és hőmérséklete az északi félgömbön nagyobb

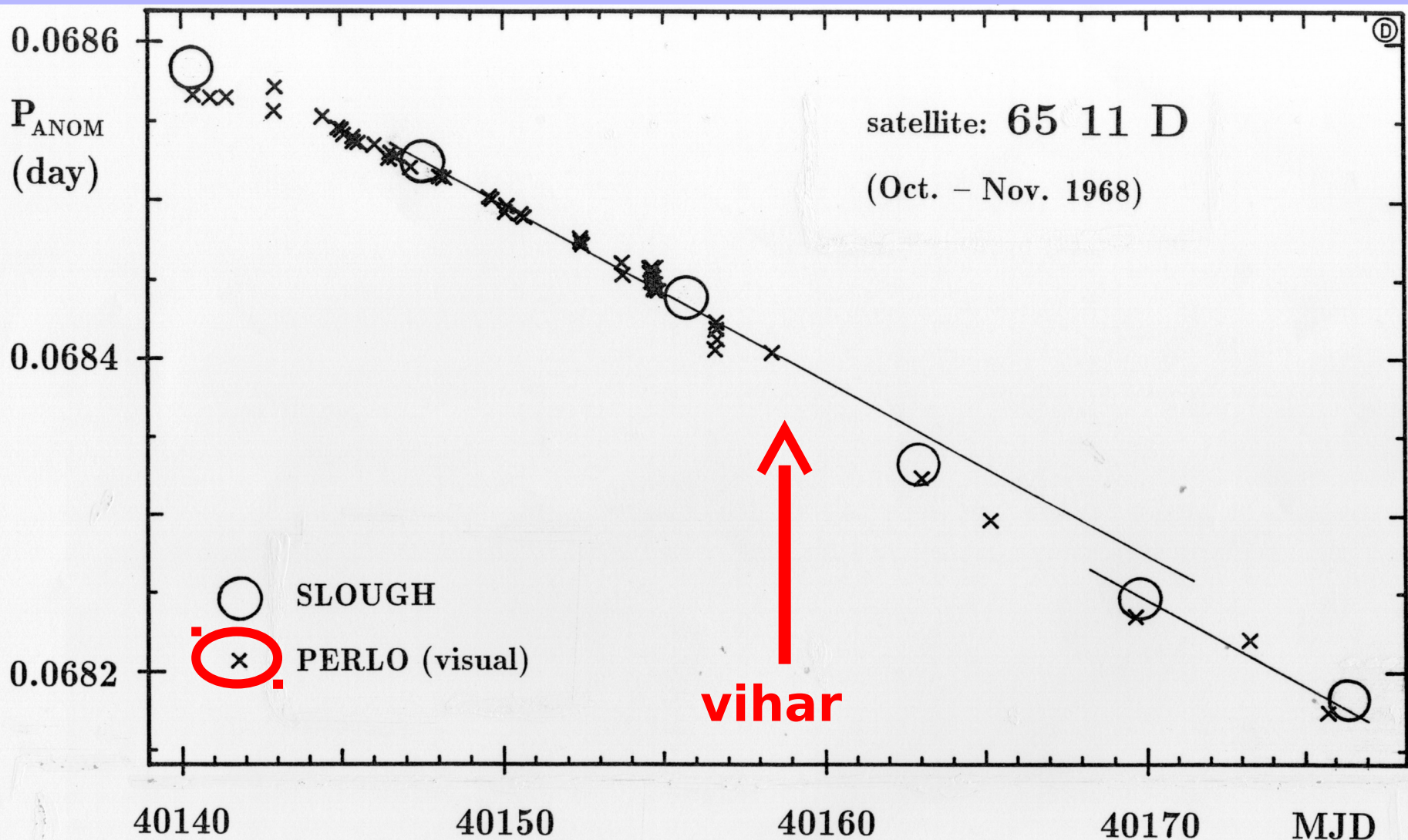
(Oka talán a víz nagy fajhője -- a kontinensek  
egyenetlen É-D eloszlásán keresztül.)

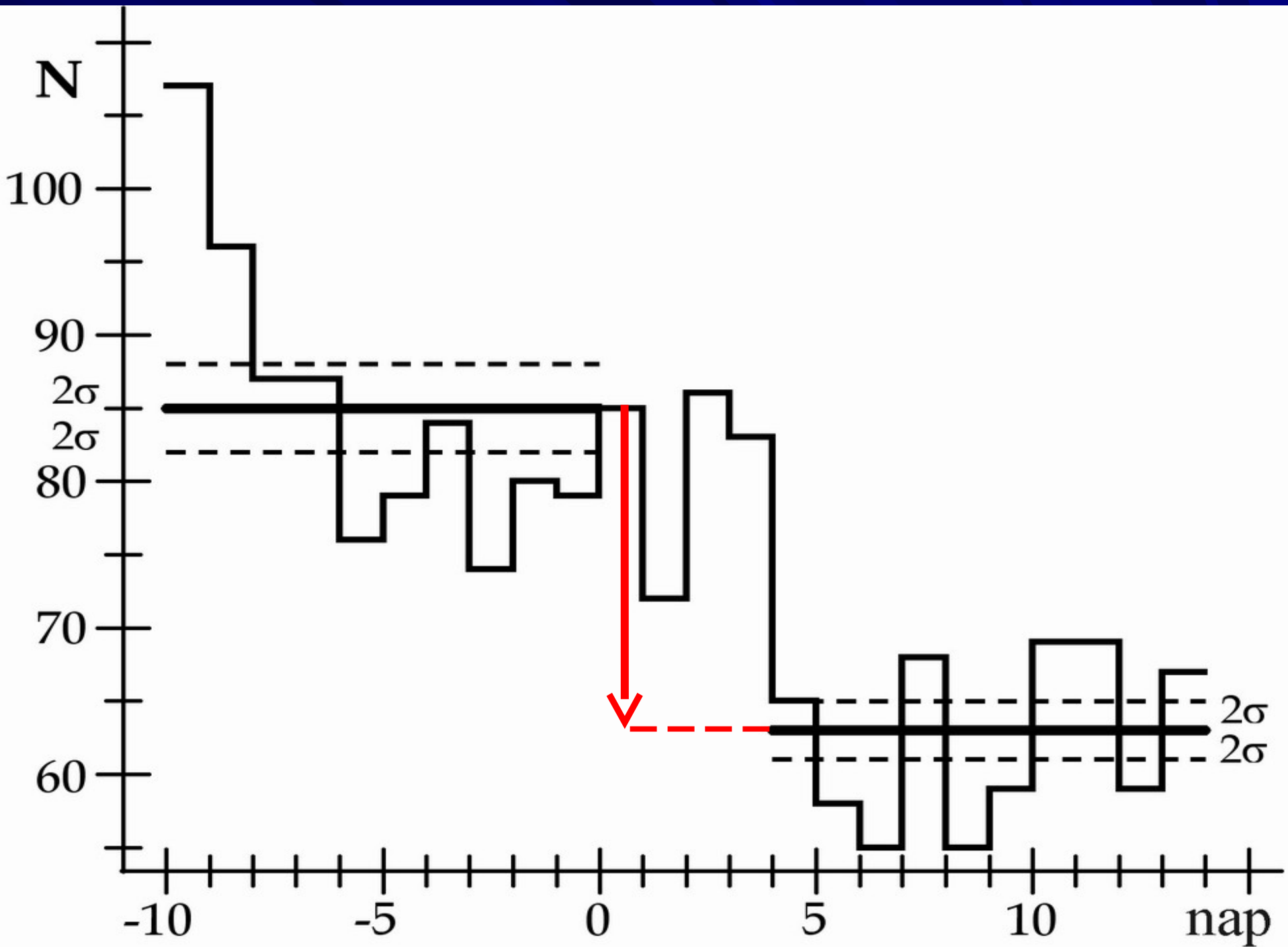


# Felhősödés geomágneses viharok után

- 14 geomágneses vihar környékéről, 12 év alatt, egész Eurázsia területéről, 60 megfigyelőállomásról gyűjtött vizuális szputnyikmegfigyelés alapján
- a megfigyelések száma átlagosan 25%-kal nagyobb a viharok előtt, mint után;
- felteszik, hogy geomágneses viharok környékén a galaktikus kozmikus sugárzás beütésszámának megváltozása a megnövekedett felhősödés oka .

# Példa a megfigyelésszám drasztikus csökkenésére egy geomágneses vihar után







# A semleges felsőlégkör sűrűségi (gravitációs és akusztikus) hullámai

## *Eredmények:*

- \* az amplitúdó 300-400 km körül ugrásszerűen kezd nőni a magassággal;
- \* bizonyos zárt térrészekben belül nő az amplitúdó: „térrezonancia”;
- \* több tízmásodpercnyi, mély csökkenések, egyedül állóak vagy sorozatosak, és az ionoszféra buborékokkal egyidejűleg lépnek fel „semlegeslégköri buborékok”; (kölcsönhatás az ionoszférával)
- \* óriáshullám (tízszeres átlagamplitúdónyi kiugrás) magnetoszféra vihar vagy légköri meteor által keltett sűrűségi hullám.

# Gravitációs és akusztikus hullámok

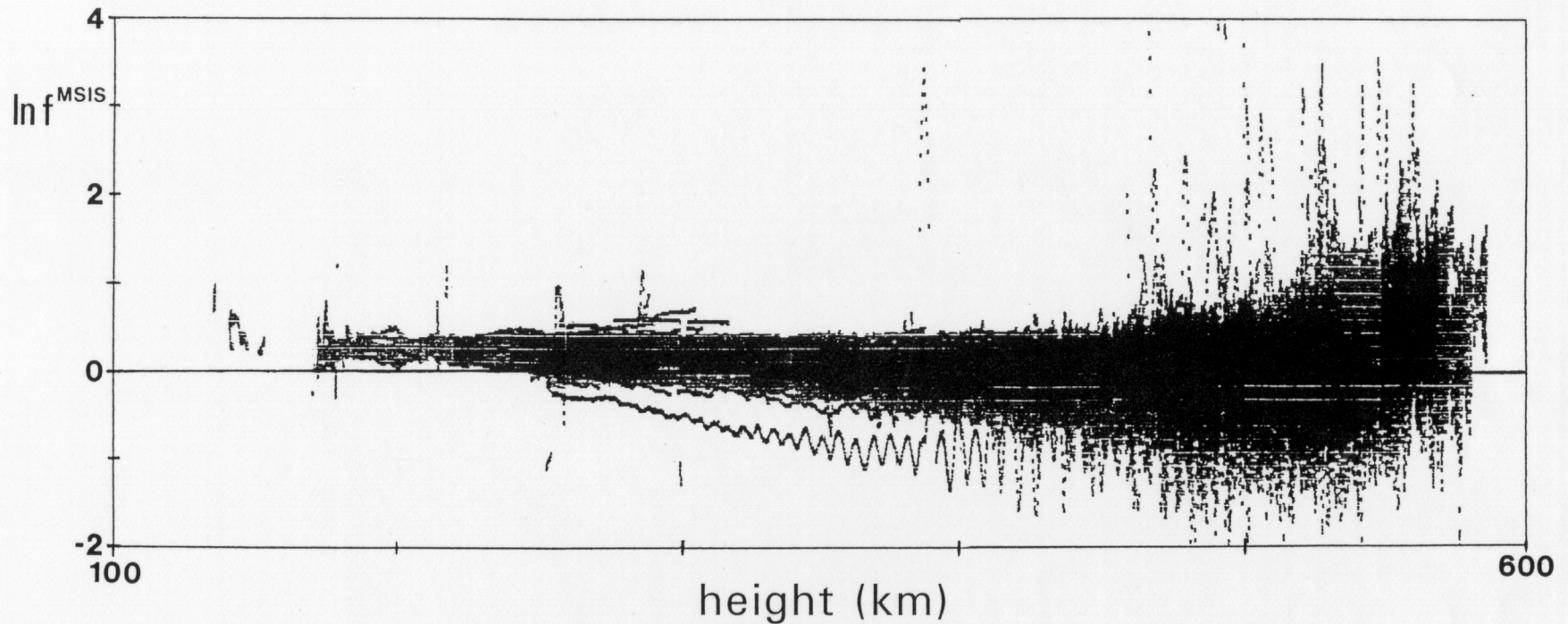
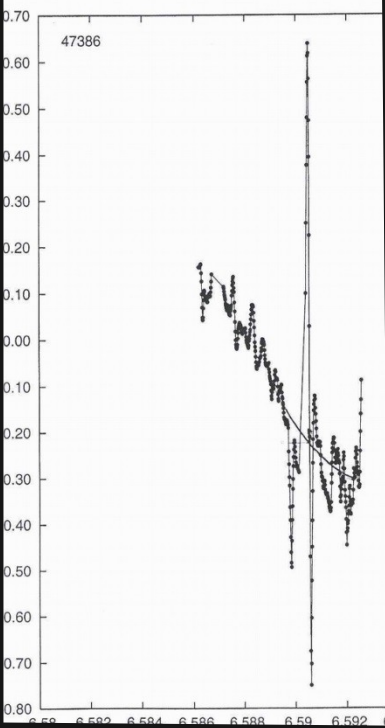
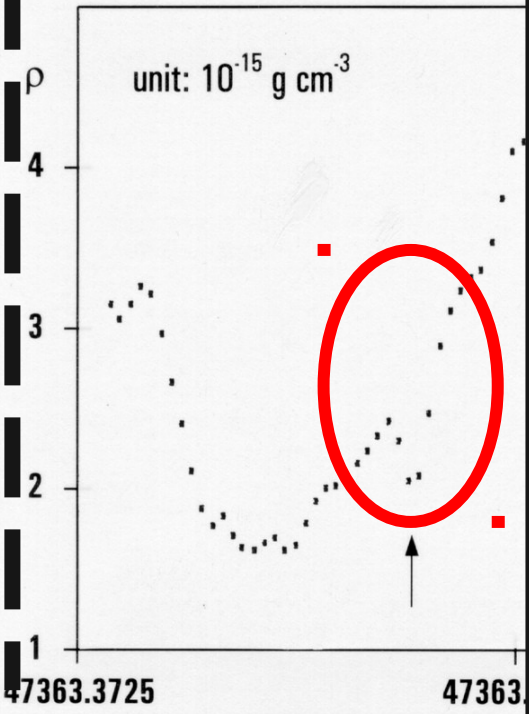
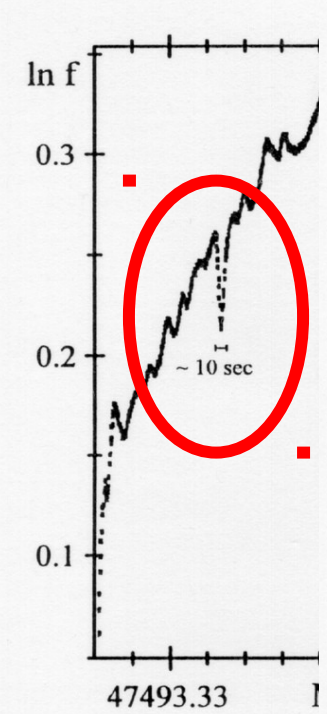
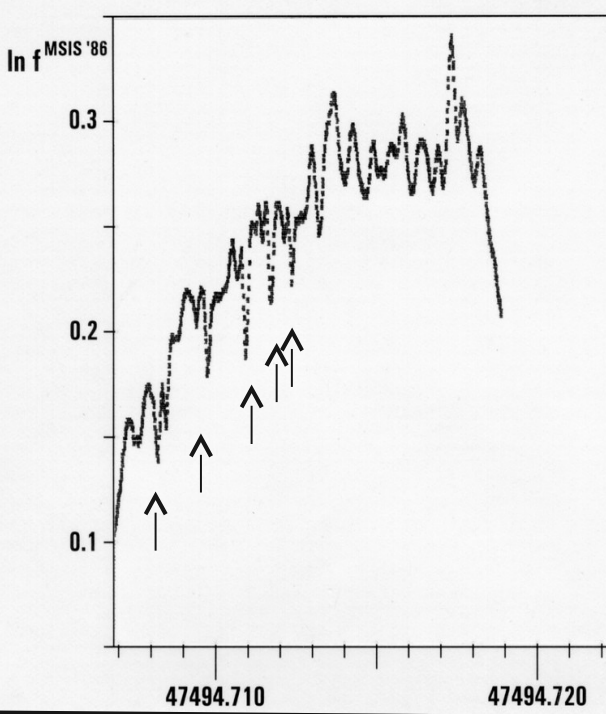
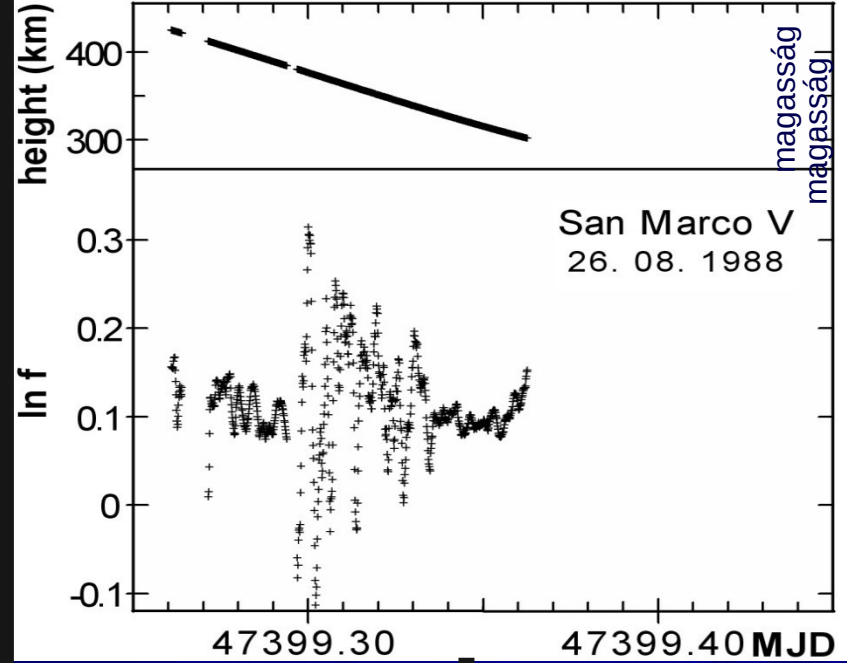
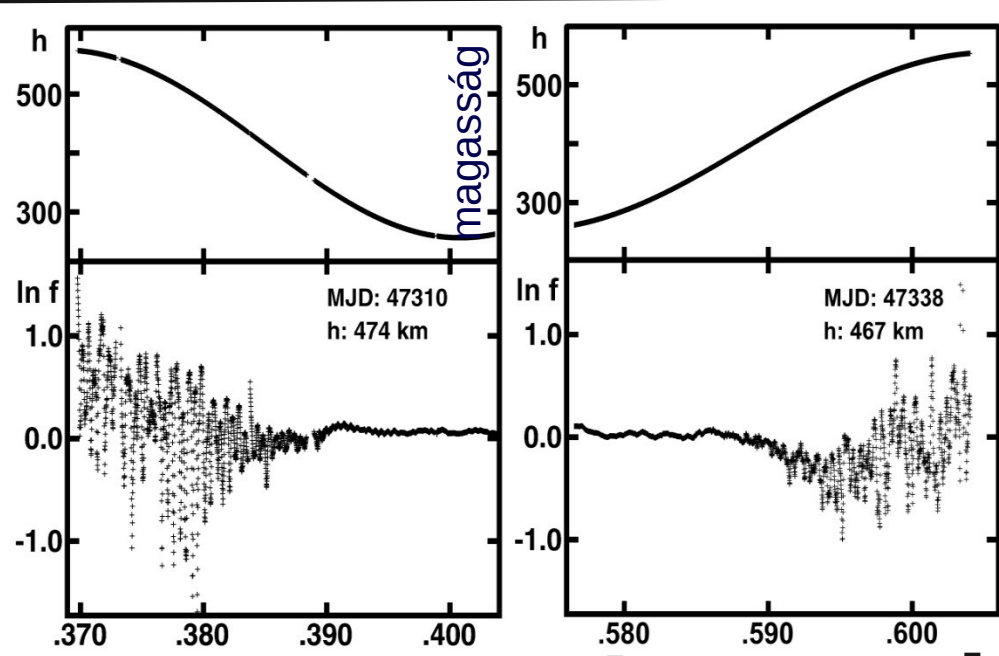


Fig. 1. Residuals of all San Marco V density measurements with respect to the MSIS '86 model.



**Köszönjük a figyelmet!**