

## SŰRŰSÉGFLUKTUÁCIÓK A FELSŐLÉGRÉTEGBEN GEOMÁGNESES VIHAROK IDEJÉN

Dr. Almár Iván - Illés Erzsébet  
/MTA Csillagvizsgáló Intézet/

A felsőlégkör sűrűsége /és hőmérséklete/ a mesterséges holdak pályaelemeinek, elsősorban keringési periódusának változása révén tanulmányozható. Az egységnyi időre eső periódusváltozás,  $\dot{P}$ , jó közelítésben arányos a hold perigeuma körüli  $\varrho$  légsűrűséggel a kiválasztott időszakban. Az arányossági tényező függ a hold pályájától, alakjától és egyéb paraméterektől.

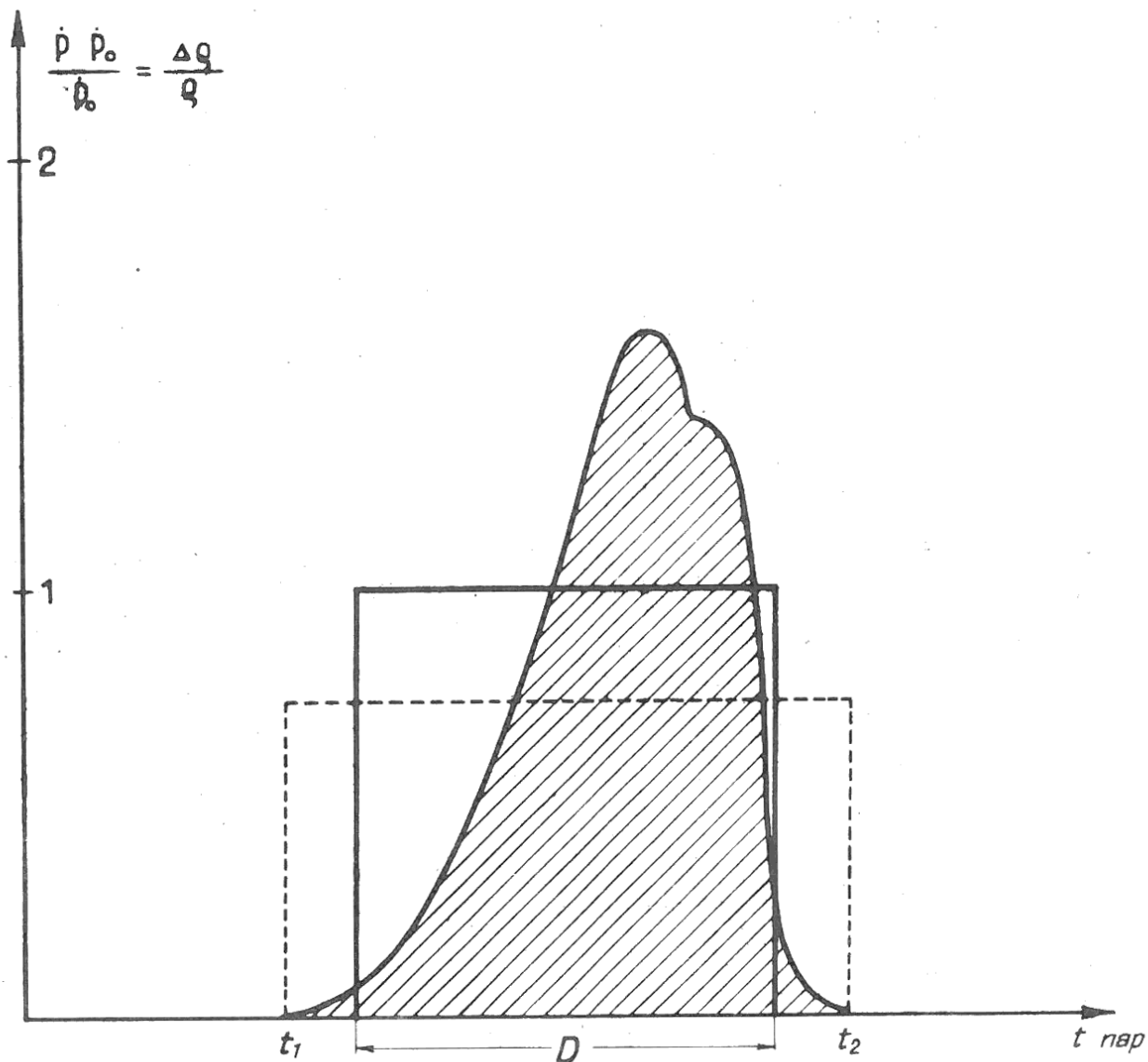
Mesterséges holdak atmoszferikus fékeződéséről összegyűjtött sokéves megfigyelési anyag alapján amerikai, szovjet, angol, francia és német szerzőknek sikerült a különböző karakterisztikus idejű légsűrűségváltozások jellegét tisztázni, légköri modelleket konstruálni. A fellépő sűrűségfluktuációk egyik típusát, amely a  $K_p$ ,  $a_p$  vagy  $A_p$  geomágneses indexekkel mutat párhuzamos menetet, és ezért nyilván a Nap korpuszkuláris sugárzásával függ össze, aperiodikus megjelenés és egy-két napos karakterisztikus idő jellemzi. Jacchia, Römer és mások megállapították, hogy a légsűrűség átlag 0,22 napos késéssel követi az  $a_p$  index fluktuációját, továbbá a sűrűségváltozást valamely légköri modellel hőmérsékletváltozássá transzformálva a légköri effektus amplitudója és az  $a_p$  között közelítőleg a

$$\Delta T = 1,0 a_p + 125^\circ (1 - e^{-0,08 a_p}) \quad /1/$$

összefüggés áll fenn.

Nyilvánvaló, hogy szabálytalan alakú, esetleg több maximummal rendelkező geomágneses "vihar" esetében ez az amplitudó nem jellemzi kielégítően a vihar idején felszabaduló energiát, amely a légkört néhány órára vagy napra felmelegíti. Ezen összenergia jellemzésére új paraméter bevezetését javasoljuk, amely a relatív sűrűségváltozás görbéjének integrálásából adódik, feltéve, hogy a vihar előtt és után a légkör nyugalmi állapota azonos. A görbe alatti terület mértékszámaként egy  $D$  "ekvivalens időtartamot" definiálunk, amely annak a hipotetikus zavarnak az időtartama, amely  $D$  napig egyenletesen 100 % sűrűségnövekedést okozott volna, és integrált hatása azonos a tényleges viharéval /1.ábra/. Mennél nagyobb  $D$ ,

annál nagyobb a zavar idején beérkező összenergia.



1. ábra

A  $\dot{P}$  és  $Q$  arányossága miatt

$$\frac{\dot{P} - \dot{P}_0}{\dot{P}_0} = \frac{\Delta Q}{Q} \quad /2/$$

vagyis valamely holdnál megfigyelve a periódusváltozást a zavar idején  $\dot{P}$  és azon kívül  $\dot{P}_0$  a  $\frac{\dot{P}-\dot{P}_0}{\dot{P}_0}$  függvény integrálásával kapjuk a hold perigeummagasságára  $/h_p/$  és a perigeumnak a Naphoz viszonyított helyzetére  $/\psi/$  vonatkozó  $D$  értéket.

Gyakorlatban viszont nagyon ritkán áll rendelkezésre olyan jó időfelbontású megfigyelési anyag, amelyből a részletes  $\dot{P} /t/$  görbe megkonstruálható lenne.

/Ez érthető is, hiszen maga a periódus 1,5-3 óra, és természetesen nem minden keringésről van megfigyelés./ Az ekvivalens időtartam bevezetésének fő előnye éppen abban rejlik, hogy a részletes P /t/ függvény nélkül is meghatározható. A

$$D = \int_{t_1}^{t_2} \frac{\dot{P} - \dot{P}_0}{\dot{P}_0} dt = \frac{1}{\dot{P}_0} (P_{t_2} - P_{t_1}) - (t_2 - t_1) \quad /3/$$

összefüggésből látszik, hogy a D meghatározásához elegendő lenne mérni a keringési időt a vihar kezdetén / $P_{t_1}$ / és végén / $P_{t_2}$ /. Gyakorlatban a fenti mennyiség visszavezethető egy másik, az O-C módszerrel könnyen kiszámítható paraméterre.

Mindenekelőtt gyűjtsünk össze megfigyeléseket, amelyekből kiszámítható a mesterséges holdnak pályája bizonyos rögzített pontján való áthaladásának időpontja. /Például Lozinszkij javaslata nyomán választhatjuk a látszó égi egyenlítőn való áthaladás időpontját, ami megfelel a megfigyelőállomás szélességi köre által kifeszített, állandó helyzetű sík metszésének./ A zavart megelőző nyugalmi légkörben való mozgás idején  $\dot{P}_0 \approx \text{konst}$ , vagyis ilyenkor az észlelt áthaladási időpontoknak / $O_n$ / egy alkalmas lineáris formulával számított  $C_n = O_0 + n \cdot P_0$  időpontoktól való eltérése

$$O_n - C_n = \dot{P}_0 \frac{n(n+1)}{2} \quad /4/$$

ahol n a fordulatszám. Ha  $n=k$  és  $n=m$  között a keringési idő deriváltja  $\dot{P}_0$  helyett  $\dot{P}'$ , majd újra visszaáll az eredeti  $\dot{P}_0$  állapot, akkor  $n > m$ -re már nem a /4/-nek megfelelő értékeket kapunk. Grafikusán ábrázolva 2/O-C/-t mint  $n/n+1$ / függvényét, a pontok  $n=m$  után egy  $\Delta y/n$ / értékkel letérnek a  $\dot{P}_0$  meredekségű egyenesről. Elemi számolással bebizonyítható, hogy ilyen esetben  $\Delta y$  az n lineáris függvénye, továbbá, hogy  $\Delta y=0$ -hoz  $n = \frac{k+m-1}{2}$  időpont tartozik, ami nagyjából megfelel a vihar csúcspontjának; végül a  $\Delta y/n$ / egyenes meredeksége

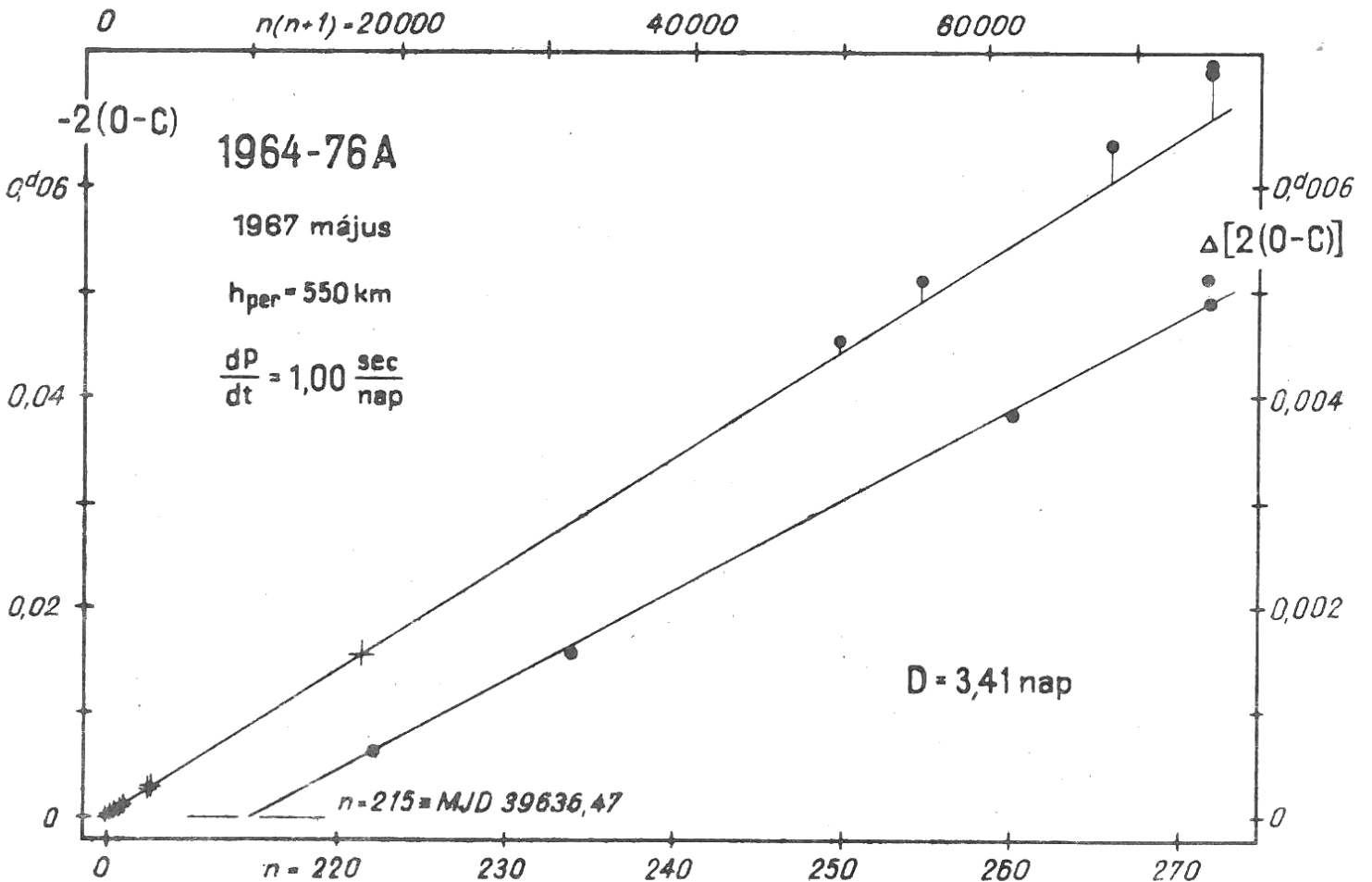
$$W = 2 (\dot{P}' - \dot{P}_0) (m - k) \quad /5/$$

ez pedig az ismert  $\frac{1}{2} \frac{P_0}{\dot{P}_0}$  mennyiséggel szorozva  $\frac{\dot{P}'_0 - \dot{P}_0}{\dot{P}_0} \Delta t$ -t ad.

Fenti feltételek mellett a periódus teljes megváltozása a vihar alatt  $P_{t_2} - P_{t_1} = \dot{P}' \Delta t$ , ezt /3/-ba behelyettesítve igazoltuk, hogy

$$\frac{1}{\dot{P}_0} \dot{P}' \Delta t - \Delta t = \frac{\dot{P}' - \dot{P}_0}{\dot{P}_0} \Delta t = D \quad /6/$$

Igazolható tehát, hogy D meghatározása lehetséges az O-C módszerrel, kizárólag a vihar előtti és utáni /azonosnak feltételezett/ nyugalmi állapotú légkörben végrehajtott megfigyelésekből. Egy a D meghatározását szolgáló O-C görbepárt látunk a 2. ábrán.



2. ábra

Az így kapott D érték független attól, hogy melyik holdat használtuk és független a légköri modellektől is; függ viszont a perigeum magasságától és - a napszakos effektus miatt - a perigeumnak a Naphoz viszonyított helyzetétől  $\psi$  is. Ezen utóbbi effektus valamely légköri modell használatával figyelembe vehető, és valamennyi D érték  $\psi = 90^\circ$ -ra redukálható, hogy a D magasságfüggését

egyértelműen tanulmányozhassuk. A transzformáció történhet úgy is, hogy a D-hez tartozó magasságot redukáljuk az

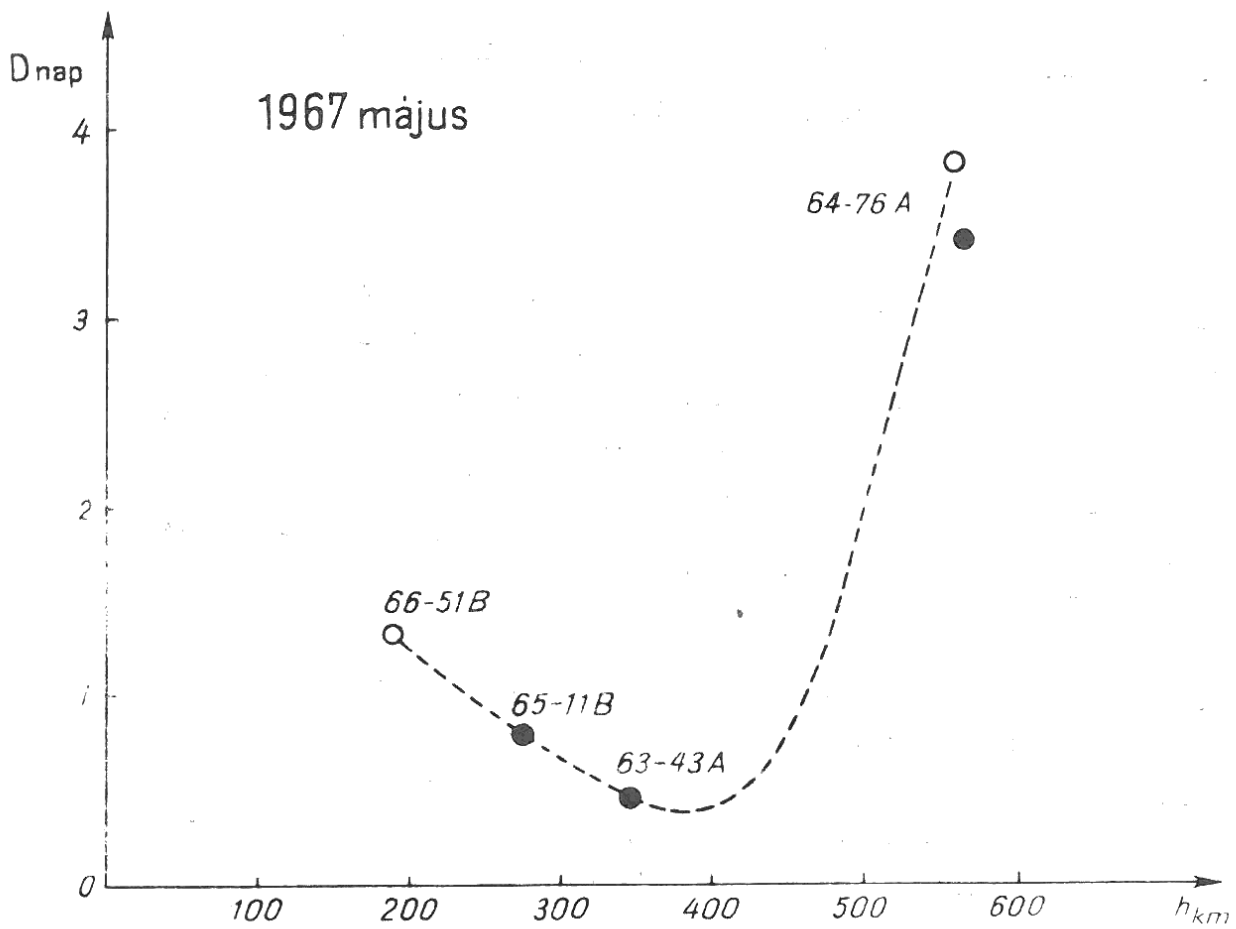
$$r_{\psi} = 90^{\circ} = r_p - H \ell_n \left( 1 + \frac{1}{3} \cos \psi \right) \quad /7/$$

képlettel, ahol H a modellből vett skálamagasság.

Az MTA Csillagvizsgáló Intézetében PERLO elnevezéssel többrészes programot készítettünk ALGOL-60 nyelven a teljes számolás elvégzésére. A már többször ismertetett CROSSING rész a megfigyelésekből kiszámolja az egyenlítői metszések idejét, és közös referenciaszéllességre transzformálja azokat. /Ujabban megadja a perigeumáthaladás időpontját is, és számolja a Nap sugárnyomása okozta periódusváltozást./ A PERIOD nevű rész az átlagos kvázidrakonikus és anomalisztikus periódusokat számolja, amelyekből grafikusán megállapítható  $\dot{P}/t/$ , és kiválasztható a vihar előtti és utáni nyugalmi szakasz, ahol  $\dot{P}_0 = \text{konst.}$  Az EQUIDUR nevű rész e szakaszokra megadott metszésidők alapján legkisebb négyzetek módszerével két irányból is meghatározza az ekvivalens időtartam értékét. Végül a BULGE nevű rész a közelítő pályaelemek alapján meghatározza azt a  $\psi$  faktort, amelynek felhasználásával /7/ alapján a D értékhez tartozó magasság  $\psi = 90^{\circ}$  helyzetre redukálható.

E programok alkalmazásával feldolgoztuk az 1967. május 26-i vihar idején gyűjtött INTEROBS és egyéb /angol, francia, finn/ megfigyelési anyagot az 1964-76A, 1965-11D és 1963-43A holdakra. Az eredményt egybevetettük az irodalomban publikált néhány görbe integrálásával nyert D értékekkel /a 3. ábrán üres körök/. A provizorikus eredményeket 1. és 3. ábrán. Valamennyi 1966-69. közötti,  $A_p > 60$  amplitudójú zavar idején gyűjtött vizuális megfigyelési anyag feldolgozása folyamatban van.

Ezen előadás rövidített formában elhangzik a COSPAR 1970. évi leningrádi konferenciáján, a 4. munkacsoport nyilvános ülésén.



3. ábra