

# Magnetoszféra-kutatás pulzációkkal (1991—1994)

VERŐ JÓZSEF<sup>1</sup> (témavezető), BENCZE PÁL<sup>1</sup>, CZ. MILETITS JUDIT<sup>1</sup>, HOLLÓ LAJOS<sup>1</sup>, MÁRCZ FERENC<sup>1</sup>, WALLNER ÁKOS<sup>1</sup>, WESZTERGOM VIKTOR<sup>1</sup>, ZIEGER BERTALAN<sup>1</sup>

J. VERŐ, P. BENCZE, J. CZ. MILETITS, L. HOLLÓ, F. MÁRCZ, Á. WALLNER, V. WESZTERGOM, B. ZIEGER: Research of the magnetosphere by using pulsations

OTKA nyilvántartási szám: 1171

A pályázat benyújtásakor az volt a célunk, hogy a geomágneses pulzációk, elsősorban a Pc3-4 típus (periódusuk 15—45 s, illetve 45—150 s) létrejöttével és terjedésével kapcsolatos vizsgálatainkat folytathassuk. Több résztémára oszlik ez a munka, ezek közül a lényegesebbek, amelyekben sikerült eredményt is elérnünk, a következők:

- 1) A Nagycenki Geofizikai Obszervatórium INTERMAGNET állomásához kapcsolódva és jövőbeli közös mérések lehetőségére is számítva, 1 s-os mintavételű digitális tellurikus regisztrálást indítottunk el 1994 márciusában, s ez azóta is folyamatosan működik.
- 2) Az előző közép-európai állomásláncok tapasztalatai alapján 1991 első hat hónapjában három obszervatórium, L'Aquila (AQU), Nagycenk (NCK) és Niemegek (NGK) együttműködésében állomásláncot hoztunk létre. A három állomás, később részben még Warnkenhagen és Budkov is, előre meghatározott időpontokban, naponta 0800 és 0900, valamint 1300 és 1400 UT között egyidejűleg a lehető legteljesebben mérte a pulzációkat. Kiegészítésül sikerült megszerezniünk a japán Kakioka obszervatórium 1991-es digitális anyagát. A mérések feldolgozása is az OTKA keretében történt, illetve folyik ma is.
- 3) A whistlerek terjedési pályájának Tihanyban végzett mérésekből kiszámított L-értéke és az ennek megfelelő geomágneses erővonal egyenlítői szakaszára vonatkozó részecskesűrűség-adatok alapján összefüggést kerestünk a pulzációs tevékenység paraméterei és a whistler pályák

között. Később bevontuk ebbe a csehországi Panska Vesben hosszú időn át végzett whistler mérések eredményeit is.

- 4) Vizsgáltuk a pulzációs tevékenység hosszú periódusú változásait, így a 27 és 13,5 napos, az éves és féléves, illetve a 11 éves napciklussal kapcsolatos változásokat.
- 5) A bolygóközi térben, a magnetoszféra határán, a magnetopauzánál, illetve az onnan a felszín felé való terjedés során bekövetkező változásokat tanulmányoztuk megfelelő *in situ* mérések felhasználásával.

A Pc3-4 típusú geomágneses pulzációk forrása a bolygóközi térnek a magnetoszférától a Nap felé eső részében van. Ott a magnetoszféra határától visszafordított, és a napszéllel ellentétes irányban áramló elektronok és a napszél kölcsönhatására magneto-hidrodinamikuss hullámok (*upstream waves*) alakulnak ki. Ezek periódusa a bolygóközi mágneses tér  $B$  térerősségétől függ (a periódus  $s$ -ban  $T = 170/B$ ). Kedvező körülmények (elsősorban megfelelő irányú bolygóközi mágneses tér) esetén ezek a hullámok átjutnak a magnetopauzán, bekerülnek a magnetoszférába és ott a mágneses erővonalakra merőlegesen terjednek kompressziós hullámok alakjában. A felszínen a pulzációk az *upstream waves*-nek és a mágneses erővonal sajátrezgésének (*erővonal-rezonancia*) keverékéből állnak. Csak így magyarázható meg az, hogy a pulzációk periódusa egyrészt függ a bolygóközi mágneses tér térerősségétől, másrészt pedig a mérési hely (geomágneses) szélességétől, illetve a rajta áthaladó mágneses erővonal egyenlítői metszéspontjának a felszíntől földszugárban mért távolságától, az  $L$ -értéktől is. A két típus keveredését már az 1984-ben folyt láncolat menti mérések alapján megállapítottuk — tudomásunk szerint ez volt ennek

<sup>1</sup>MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, H-9400 Sopron, Csat-kai u. 6-8.

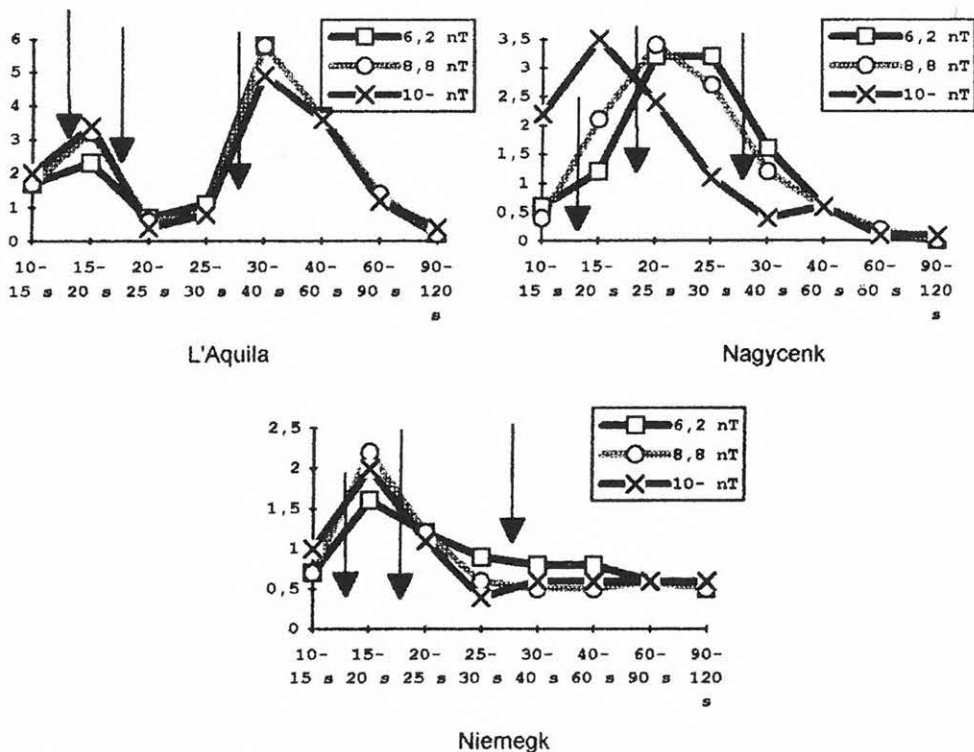
az első felismerése, mások vagy csak az egyik, vagy csak a másik oldalt ismerték. A bolygóközi térből kiinduló két folyamatot szemlélteti az 1. ábra.



1. ábra. A felszíni pulzációk kialakulásának folyamata

Az 1991-es mérésekkel arra próbáltunk választ keresni, hogy változik-e és ha igen, milyen hatásokra az upstream waves megjelenése és az erővonal-rezonanciák hatékonysága. Ha pedig — legalábbis látszólag — a két típus egyszerre jelenik meg, akkor hogyan látszanak az idősorokban? Arra is kerestük a választ, lehetséges-e egy állomás adatai alapján a két típust megkülönböztetni, mert például a bolygóközi mágnes tér erősségét csak az upstream waves alapján lehet becsülni.

A 2. ábra a három állomáson különböző bolygóközi mágneses térerősségek esetén észlelt spektrumokat mutatja. A meglepő az, hogy a három, egymáshoz nem túlságosan messze fekvő állomás esetében mind a spektrumok, mind azoknak a bolygóközi mágnes tér változásaira való reakciója mennyire eltérő. A maximum helyzete megfelel a vártnak, AQU esetében 15 s, NCK-nél 22 s körül van, NGK-ben pedig 30–35 s, de itt már egy határozott második csúcs is megjelent, amely valószínűleg a rezonancia második felharmonikus, 15 s körüli periódussal. Ami a bolygóközi mágnes térértékkel (B) való kapcsolatot illeti, az AQU esetében nagyon gyenge, csak a hosszabb periódusok tevékenysége csökken nagyobb B esetében. NGK-en B hatása úgy

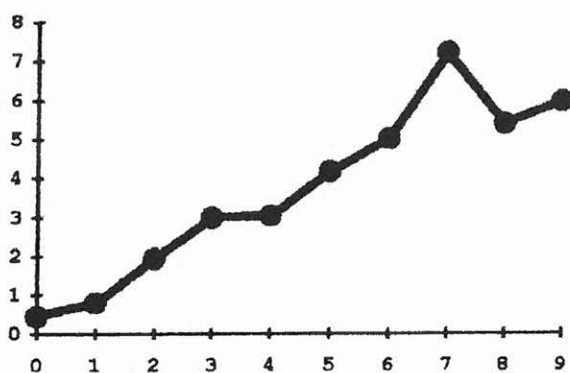


2. ábra. A pulzációk észlelt spektruma a három állomáson különböző bolygóközi mágnesterek esetén

jelentkezik, hogy a rövidebb periódusú második harmonikus tevékenysége nagyobb, ha a mágnestér erősebb. NCK esetében viszont elég határozottan követi a csúcs helyzete a B alapján várt változásokat; ezt fekete nyilak jelzik. Ebből arra következtetünk, hogy a Nagycenki Observatórium (geomágneses) szélessége, illetve a 2 körüli  $L$ -érték) optimális a bolygóközi mágneses térerősség meghatározására. Fizikailag valószínűleg az a helyzet, hogy egyrészt kisebb szélességekre már nem jut el az elsődleges hullám, másrészt nagyobb szélességen, így Niemegkben a héjrezonanciák szinte állandóan megjelennek, ha nem is azonos erősséggel, és elnyomják az upstream waviest. A második harmonikus jelentkezése bizonyos fokig rejtélyes, mert némileg északabbra, Warnkenhagenben ez már nincs meg.

A whistlerek és a Pc3 pulzációk közötti kapcsolat lehetősége már régebben felmerült, de tudomásunk szerint eddig senki sem vizsgálta meg. Lehetőségét az teremti meg, hogy a pulzációk keletkezésében — főként a héjrezonancia eredetűek esetében — ugyanannak a magnetoszféra tartománynak van szerepe. Az upstream waves esetében viszont a felszínig való terjedés feltételei lehetnek kapcsolatban a whistlerekkel. Ezeket a lehetőségeket Tihanyban észlelt whistlerekből számított értékekkel valószínűsítettük.

A whistlerek és a pulzációk közötti kapcsolat vizsgálatára felhasználtuk a csehországi Panska Vesben a hetvenes évek óta rendszeresen végzett whistler megfigyelések adatait: itt óránként két percig számolják az összes előforduló whistlert. Gyakoriságuk rendkívüli mértékben változik az évek során, de nincs egyértelmű kapcsolat a naptevékenység 11 éves ciklusával. A napi (éjszakai) és évszakos (téli) maximum egyaránt megjelenik. Összefüggést kerestünk a whistlerek gyakorisága és a Nagycenken meghatározott napi pulzációs indexek között. Azért kellett a napi átlagos pulzációs tevékenységet jellemző indexet, és nem a pillanatnyi amplitúdót választanunk, mert a két jelenség napi járása ellentétes lévén, az éjszakai órákban kis pulzációs tevékenység miatt ez akkor nehezen jellemezhető. A napi indexek használata feltételezi a két jelenség fennmaradási hajlamát, vagyis azt, hogy a nagy pulzációs tevékenységű napon a nagycenki éjszakai, tehát pulzációmentes időszak alatt is nagy a Föld nappali részén a pulzációs tevékenység, illetve a whistler gyakoriság is megmarad egy egész napon át. Ez a feltevés mind a két esetben elfogadható. Az ábra mutatja, hogy a whistler-szám hogyan nő éjszaka a pulzációs index növekedésével, nappal különösen akkor, amikor a pulzációs index nagyon nagy, 6 feletti, éjjel viszont a növekedés majdnem egyenletes



3. ábra. A Panska Vesben 20 és 22 h LT között két perc alatt észlelt whistlerek átlagos száma a nagycenki napi pulzációs index (vízszintesen) függvényében (1972, 1973, 1979)

a (logaritmikus léptékű) pulzációs index függvényében.

Optimum szűrés (spike dekonvolúció) segítségével akkor is meg tudjuk határozni a mágneses erővonalak válaszfüggvényét, ha nem ismerjük a gerjesztő forrást, csak a felszíni pulzációs regisztrátum áll rendelkezésre. Bizonyos feltételekkel a dekonvolúciós optimum szűrő ebből számítható, majd ennek invertálása megadja az impulzus-válaszfüggvény legjobb becslését. Néhány állomás egy-hat hónapos regisztrátuma alapján meghatároztuk ezt a válaszfüggvényt, ennek alapján KAK esetében 15, NCK-en 20, NGK-ben 35 s a héjrezonancia periódusa, NGK-en a második harmonikus is megjelent. A rezonanciafrekvencia reggeltől délutánig csökken — ez új eredmény, és többé-kevésbé mindhárom állomáson megjelenik.

A pályázat keretében végzett más vizsgálatokról helyszűke, továbbá a színes ábrák reprodukálhatatlansága miatt itt nem tudunk beszámolni. Az egész időszak tevékenységét sikeresnek ítéljük meg. Sikert a pulzációkkal foglalkozó csoport korszerű működési feltételeit megteremteni, mind műszer- és számítástechnika, mint adatok beszerzése tekintetében. Eredményeink korszerűségét mutatja az, hogy sok ország számos kutatócsoportjával tudtunk együttműködést kiépíteni, róluk részben partnereinkkel közösen, részben pedig külön is tucatnyi cikket jelentettünk meg nemzetközi folyóiratokban, több alkalommal kaptunk meghívást nemzetközi konferenciákra, előadásokra. Együttal leraktuk egy jövőbeli együttműködés alapját is, a whistlerek és a pulzációk együttes kutatása területén, az ELTE Geofizika Tanszékével és a Tihanyi Observatóriummal közösen.

## PUBLIKÁCIÓK

- (Megjegyzés: A *dőlt* betűvel írt nevek az OTKA pályázat részvevőit jelentik).
- ÁDÁM A., PAPP G., SZENDRŐI J., VERŐ J. 1992: Geofizikai számítógépes adatbázisok az MTA GGKI-ben, Magyar Geofizika **33**, 63–70
- BENCZE P. 1991: A joint view of geomagnetic, ionospheric and thermospheric disturbances, Acta Geod., Geoph., Mont. Hung. **26**, 237–251
- BENCZE P. 1992: Magnetohidrodinamikai rezonancia és a geomágneses pulzációk, Ionoszféra és magnetoszféra fizika **XVII**, 112–130
- Cz. MILETITS J. 1992: Pulzációperiódusok magas és alacsony szélességeken. Ionoszféra és magnetoszféra fizika **XVII**, 27–36
- Cz. MILETITS J., HOLLÓ L., VERŐ J., ZIEGER B. 1993: Az űr-időjárás és a geomágneses pulzációk. Ionoszféra és magnetoszféra fizika **XIX**, 132–149
- Cz. MILETITS J., HOLLÓ L., VERŐ J., ZIEGER B. 1994a: Three solar activity cycles in geomagnetic research — Observations at the Nagycenk Observatory. In: W. SCHRÖDER, M. COLLACINO (Eds) Geophysics, Past Achievements and Future Challenges, 54–66
- Cz. MILETITS J., HOLLÓ L., VERŐ J., ZIEGER B. 1994b: Interplanetary magnetic field-dependent and geomagnetic latitude dependent periods of pulsations — A re-evaluation. Acta Geod. Geoph. Hung **29**, 179–196
- Cz. MILETITS J., VERŐ J. 1991: Pulsations of solar wind and magnetospheric origin. HHI.Report **22**, 199–204
- VERŐ J. 1993: Geomagnetic Pulsations, Weltraumforschung, Kooperation zwischen Österreich und Ungarn. Festsymposium Riedler, Collegium Hungaricum, Wien, 88–108
- VERŐ J., BEST I., VELLANTE M., LÜHR H., DE LAURETIS M., HOLLÓ L., STŘEŠTIK J. 1995: Relations of field line resonances and upstream waves and the winter attenuation of pulsations. Ann. Geophysicae **13**, 689–697
- VERŐ J., Cz. MILETITS J. 1994: Impulsive pulsation events and pulsation beats. J. Atm. Terr. Phys. **56**, 433–445
- VERŐ J., HOLLÓ L. 1992: A napszélsebesség nagysága hirtelen történő megváltozásának hatása az elektromágneses pulzációkra. Ionoszféra és magnetoszféra fizika **XVII**, 16–27
- VERŐ J., HOLLÓ L., SINGH B.P. 1991: Geomagnetic pulsations at low- and mid-latitudes. Acta Geod., Geoph. Mont. Hung. **26**, 253–263
- VERŐ J., LE MINH TRIET, SZENDRŐI J. 1992: Pulsations at the geomagnetic equator. Acta Geod., Geoph. Mont. Hung. **27**, 171–175
- VERŐ J., WESZTERGOM V. 1991: Fenyvegetik-e Magyarországot mágneses viharok? Magyar Tudomány, 10–14
- VERŐ J., WESZTERGOM V. 1993: A geomágneses indexek automatikus előállításáról. Ionoszféra és magnetoszféra fizika **XIX**, 149–153
- VERŐ J., ZIEGER B. 1994: Upstream waves and field line resonances — Pulsation research at the Nagycenk Observatory during three solar cycles. In: Solar Wind Sources of Magnetospheric ULF Pulsations. Geophysical Monograph **81**, 55–66
- VERŐ J., ZIEGER B., LÜHR H. 1994: Upstream waves and surface geomagnetic pulsations. In: Solar Wind Sources of Magnetospheric ULF Pulsations. Geophysical Monograph **81**, 365–373
- VÖRÖS Z., VERŐ J., KRISTEK J.: Nonlinear time series analysis of geomagnetic pulsations. Nonlinear Processes in Geophysics **1**
- WESZTERGOM V. 1992: A geomágneses viharok technogén hatásai. Ionoszféra és magnetoszféra fizika **XVIII**, 202–205
- ZIEGER B. 1991: Long-term variations in pulsation activity and their relationship to solar wind velocity, geomagnetic activity and F2 region electron density. J. Geoph. Res. **96**, 21115–21123
- ZIEGER B. 1992: MHD hullámok a magnetopauza közelében és viszonyuk a felszíni pulzációkhoz. Ionoszféra és magnetoszféra fizika **XVIII**, 104–112
- ZIEGER B., MURSULA K. 1994: A 13.5 day variation in the near-earth solar wind and in the geomagnetic activity and its development during the solar cycle. Proceedings of the Eighth International Symposium on Solar-Terrestrial Physics, Part I, 99