

# AZ INTERMAGNET ÉS MÁS GEOMÁGNESES HÁLÓZATOK

Verő József

az MTA rendes tagja, ny. kutatóprofesszor  
vero@ggki.hu

Wesztergom Viktor

a földtudomány kandidátusa, geofizikus  
wv@ggki.hu

## A GEOMÁGNESES HÁLÓZATOK KIALAKULÁSA, SZÜKSÉGESSÉGE

A geomágneses tér változásainak időbeli spektruma rendkívül széles: többször tízmillió éves periódusoktól a MHz-es frekvenciáig, sőt azokon túl is terjed. Ebben a nagyon széles tartományban az egyes jeleket fizikailag teljesen eltérő folyamatok keltik, és a különböző periódusú jelek térbeli kiterjedése is nagyon különböző lehet a Föld felszínén és a körülötte lévő térségben.

Legrégebben a geomágneses tér irányát határozták meg, elsősorban tengeri utazások és bányamérési feladatok megoldása során. 1600 körül már annyi mérési adat gyűlt össze, hogy az angol *William Gilbert* könyvet írt *A Föld mint mágnes* címmel. *Edmund Halley*, a neves csillagász külön, a mágnes tér mérése céljából utazta be az Atlanti-óceánt. *Karl Friedrich Gauss* és *Wilhelm Weber* 1834-ben létrehozta a Göttinger Magnetischer Vereint, amelynek keretében Nagy-Britannia és Oroszország addig geomágnesesen fel nem tárt területen is létesítettek obszervatóriumokat. A hálózat egyik állomása Budán volt.

A 19. század második felében az Osztrák-Magyar Monarchia keretében *Kreil Károly*, majd *Schenzl Guido* Magyarországon is végzett részletesebb geomágneses méréseket. Ezeket a közelmúltig időnként az egyes országok külön-külön megismételték, de az ebből szerkesztett térképek nem voltak összeilleszthetőek a határok mentén. A geomágneses tér komponenseit, illetve az azok változását ábrázoló térképek pontsűrűsége 1000-10000 négyzetkilóméterenként egy-egy pont. A mérések gyakorisága pedig 2-10 év. Ezekkel a mérésekkel és az obszervatóriumi adatokkal a két év körüli periódusú „jerk”-ektől a 400-500 éves periódusú szekuláris változásig terjedő tartományt lehet átfogni. E változások forrása a Föld külső magja.

A néhány perctől tizenegy évig terjedő periódusú geomágneses változások elsődleges forrása a Nap, illetve annak tevékenysége. Az ilyen változások létét az angol *Henry Gellibrand* 1616-ban fedezte fel. A rájuk vonatkozó adatok a fotóregisztrálás bevezetése után gyűltek rohamosan. Az 1930-as években a német *Julius Bartels* szervezte meg a geomágneses tevékenységnek nevezett jelenségcső-

port jellemzésére a Kp planetáris indexet, ami egy tucatnyi együttműködő geomágneses obszervatórium mérései alapján háromóránként meghatározott érték 0 és 9 között, közel logaritmikus skálán. Ehhez társult később a sarkifényöv mentén fekvő hat állomás adataiból nyert AE (Auroral Electrojet) index, valamint a magnetoszféra egyenlítői síkjában kialakuló köráram erősségét jelző Dst (Disturbance storm) index. A geomágneses tevékenységet mérő obszervatóriumok jellemző pontsűrűsége Európában százezer, más földrészekben egymillió négyzetkilométerenként egy-egy pont. A digitális adatgyűjtés jellemző mintavételi ideje 1-10 másodperc. Ma több-kevesebb rendszerességgel mintegy 200 geomágneses obszervatórium működik a szárazföldön, és vannak tengeri állomások is. A geomágneses tevékenység jelentősége az űrkutatás korában megnőtt, sajnos azonban az obszervatóriumok sok gondal küszködnek. Világszerte fokozódik az elektromágneses zaj, ami a spektrum több tartományában nagyságrendekkel is meghaladja a természetes jelek szintjét. A folyamatos adatgyűjtésnek emellett számos technikai nehézsége is van. Jellemző, hogy az 1999-es napfogyatkozással kapcsolatban a szomszédos országok közül csak a szlovákiai Hurbanovo adatai hozzáférhetőek, de például Franciaországban sem születtek használható adatok.

A geomágneses változások periódus szerint következő csoportja a néhány Hz-től néhány percig terjedő tartományban a geomágneses pulzációké. Annak ellenére, hogy méréseikre az első hálózatot az 1900-as évek elején hozták létre, ma is csak időben és térben korlátozott állomáshálózatok léteznek.

A néhány Hz-től néhányszor 10 kHz-es jelek eredete zömmel légköri elektromos ki-sülésekhez kapcsolódik. Ezek mérésére is

csak alkalmi hálózatok működnek. Az utóbbi esetekben külön probléma, hogy nagyon kevés olyan geomágneses erővonal létezik, melynek mindkét felszínközeli vége szárazföld felett helyezkedik el. Számos nagyobb frekvenciás jel terjedésében ugyanis a geomágneses erővonalaknak fontos szerep jut.

A legnagyobb frekvenciájú jelek már a rádiótartományba esnek. Ezek mérése az előzőektől alapvetően eltérő feladatot jelent.

Megjegyezzük még: az adatsorok időben visszafelé való meghosszabbítására állandó törekvések vannak, egyrészt régi magnetogramok digitalizálásával, másrészt egyéb módszerekkel, így régebben meghatározott tevékenységi indexek felhasználásával igyekeznek minél hosszabb idősorokat létrehozni. A leghosszabb, évezredek-évmilliók periódusok meghatározására csak geológiai rétegsorokban megőrzött egykori mágnesterek mérése útján van lehetőség (archeo-, paleomágnesség).

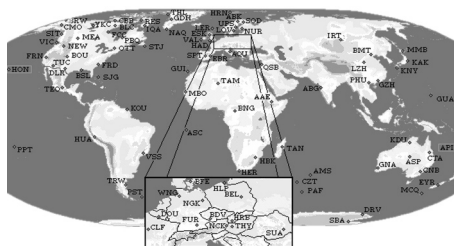
## MAI GEOMÁGNESES HÁLÓZATOK

### *Az INTERMAGNET*

A mai globális geomágneses tevékenységet nyomon követő hálózat, az INTERMAGNET kialakulása a különböző geomágneses indexek, elsősorban a Kp és az AE meghatározásához használt és az illetékes nemzetközi szervezet, az IAGA (International Association of Geomagnetism and Aeronomy) által egybefogott obszervatóriumok kezdeményezésére indult meg, akkor, amikor a digitális regisztrálás kezdett általánossá válni, és így a regisztrátumok könnyen sokszorosíthatókká és könnyen, gyorsan továbbíthatókká váltak. Az indexek meghatározására azonban az INTERMAGNET-től függetlenül megmaradt a régebbi szervezet. A hálózatnak minél nagyobb térbeli és időbeli lefedést kellene

biztosítania. A vizsgálandó spektrális tartomány egybeesik a geomágneses tevékenység periódustartományával, vagyis néhány perctől néhány évtizedig tart, de az éves és ennél hosszabb változásokat nem az alpműszerek, hanem külön műszerek segítségével mérik. A vizsgált tartományból ki vannak zárva a geomágneses pulzációk is.

Az INTERMAGNET név hivatalos teljes alakja INTERnational real-time geoMAGnetic observatory NETwork. A részt vevő országok állomásai közelítőleg valós idejű geomágneses adatokat szolgáltatnak geostacionárius holdak vagy számítógépes hálózat révén, GIN-ek (Geomagnetic Information Nodes) közvetítésével, számítógépes kapcsolattal. Európában Edinburghban és Párizsban van ilyen adatközpont. Az adatok a három geomágneses komponens és a legtöbb helyen a totális tér perces értékei, 0,1 nT pontossággal. Követelmény a bázisvonal független műszerekkel való pontos meghatározása. (Ere a szekuláris változás megfelelően pontos követése érdekében van szükség.) A korrigált,



1. ábra • Az INTERMAGNET állomáshálózata, 2003

végleges adatok 1991 óta évente CD-ROM-on is megjelennek. A CD-ROM a teljes jogú INTERMAGNET állomások mellett azoknak az állomásoknak az adatait is tartalmazza, amelyek teljesítik az INTERMAGNET mérési kritériumait, de nincs *real-time* (műholdas vagy számítógépes) kapcsolatuk egyik GIN-nel sem. 2003-ban 36 ország 89 obszervatóriumának adatai szerepelnek a CD-ROM-on (1. ábra). A geomágneses adatok mellett rövid ismertetés, az obszervatóriumok listája és fontosabb adatai is megtalálhatók rajta, a példa a két magyar állomás közül a nagyecsenki adatokat mutatja (2. ábra).

- ◆ STATION ID: NCK
- ◆ LOCATION: Sopron, Hungary
- ◆ ORGANIZATION: Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences
- ◆ CO-LATITUDE: 42 deg 22 min
- ◆ LONGITUDE: 16 deg 43 min E
- ◆ ELEVATION: 153 m
- ◆ ABSOLUTE INSTRUMENTS: DI Fluxgate (DMI type) on Zeiss 020A theodolite, GSM 19 Overhauser proton magnetometer
- ◆ RECORDING VARIOMETER: ARGOS System from GBS
- ◆ ORIENTATION: XYZF
- ◆ DYNAMIC RANGE: +2000 nT
- ◆ RESOLUTION: 0.1 nT
- ◆ SAMPLING RATE: 5 s
- ◆ FILTER TYPE: Gaussian, INTERMAGNET Standard
- ◆ BACK-UP VARIOMETER: Torsion Photoelectric Magnetometer, Type PSM-8711
- ◆ K-NUMBERS: FMI method
- ◆ K-9 LIMIT: 350 nT
- ◆ GINS: Edinburgh, Paris
- ◆ SATELLITE: METEOSAT
- ◆ OBSERVER: ÁKOS WALLNER
- ◆ CONTACT: Viktor Wesztergom and Bertalan Zieger

2. ábra • A nagyecsenki obszervatórium adatai az INTERMAGNET CD-jén

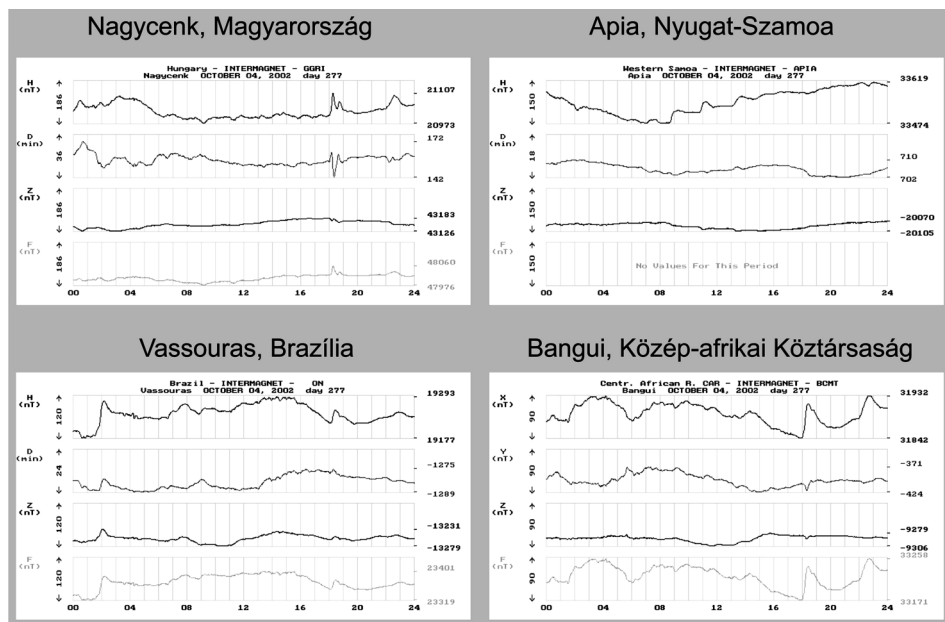
A CD-ROM-ról letölthető perces adatokból kirajzolt napi járás a legzavartabb 2002-es nap, október 4-e esetében látható a 3. ábrán. A négy állomás Nagycenk, a Samoa szigetén fekvő Apia, a braziliai Vassouras és a közép-afrikai Bangui.

### Más mai geomágneses hálózatok

A szekuláris változás követésére az INTERMAGNET viszonylag kisszámú állomásával nem alkalmas. Ennél lényegesen nagyobb pontsűrűsége, viszont sokkal kisebb időbeli mintavételi gyakoriságra van szükség. Külön problémát jelent, hogy a közelmúltig a méréseket az egyes államok egymástól függetlenül végezték. Emiatt a megszerkesztett izovonalak az országhatároknál nem csatlakoztak egymáshoz. Az ebből eredő probléma megoldására most szerveződik egy, a szekuláris pontokat (repeat stations) is magában foglaló együttműködés, a European Geomag-

netic Station Network, a potsdami GeoForschungsZentrum égisze alatt. Ez az európai szervezet 2003-ban alakult meg, 2003-2004-ben koordinált ismétlődő méréseket végeztek, ezek már előzetes feldolgozáson estek át. A méréseket a jövőben kétévenként akarják megismételni. Ebben az együttműködésben húsz európai ország vesz részt, Magyarországot az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet képviseli. A cél kétévenként egységes európai geomágneses térképek előállítására.

Egyes speciális feladatokra, elsősorban a nagyobb frekvenciájú (10-100 mHz-es, 10-100 s-os) változások vizsgálatára az INTERMAGNET adatai a 10 másodperces mintavételi köz miatt sem alkalmasak. Ezért szerveződnek többé-kevésbé alkalmi hálózatok, így a geomágneses pulzációk vizsgálatára egy meridionális közép-európai láncot többször szerveztünk már meg, de a CHAMP és a DEMETER mesterséges holdak adatainak



3. ábra • 2002. október 4-i geomágneses regisztrátumok az INTERMAGNET CD-jéről

értelmezéséhez is létrejött egy olasz–osztrák–magyar–német lánc. Ezeken kívül a tihanyi obszervatórium is több pulzációs hálózatban vett részt, egyebek között amerikai együttműködésben.

A még nagyobb frekvenciák esetében a helyzet tovább nehezedik, ennek ellenére például a Schumann-rezonanciák (8-20 Hz) és más légköri kisülések észlelésére is léteznek kisebb-nagyobb hálózatok, például magyar–amerikai–izraeli–japán szervezésben. Még nagyobb frekvenciájú, kHz-es jelek, például, whistlerek esetében az ELTE úrkutató csoportja által időszakosan végzett dániai mérések, illetve a dél-afrikai együttműködés említhető.

#### A HÁLÓZATI ADATOK FELHASZNÁLÁSA

A geomágneses hálózatok által szolgáltatott adatokból származó információk felhasználási területe a rendkívül széles periódustartomány egyes részeiben egészen más területek számára jelent segítséget. A következőkben ezek közül csak néhány példát ragadunk ki.

A paleomágneses adatok alapján megismert nagyon hosszú periódusú változások elsősorban a geomágneses dipólus pólusainak felcserélődése, az úgynevezett térátfordulás, a közelmúltban nagy érdeklődést váltott ki a nagyközönség körében is, még egy katasztrófafilm is foglalkozott vele. Az alapot ehhez a felszíni mérésekből megismert és mesterséges holdakon is megfigyelt térgyengülés szolgáltatja. Bár jóslásba nehéz bocsátkozni, nem valószínű, hogy a következő egy-két évszázadban a tér átfordulna, sőt az átfordulás hatása sem lenne olyan, mint amilyent a katasztrófafilm mutatott be.

A geomágneses tevékenység emberi léte-sítményen először a 19. század második felében volt észlelhető, amikor az általa keltett

elektromos tér az akkoriban lefektetett transzatlanti kábelben akkor is lehetővé tette a táviratozást, amikor nem volt külső áramforrás rákapcsolva. Mindeddig a legszélsőségsébb példa egy 1989. márciusi geomágneses vihar, amikor a transzformátor szaturációja miatt a Niagara által táplált áramfejlesztő telep meghibásodott, és az ezáltal kiváltott láncreakció Észak-Amerika keleti partjai mentén nagy területen okozott áramszünetet, és ezzel óriási gazdasági kárt. Az ilyen esetek ellen van védekezési lehetőség, amit mutat az, hogy a 2003 őszen nálunk is megfigyelt sarki fényt okozó geomágneses vihar csak egy svédországi kisváros áramellátását szakította meg. Érdeemes megemlíteni, hogy a Nagycenki Geofizikai Obszervatórium ötvenéves adatsorában a legnagyobb vihar 2003-ig 500 nT-s volt, azután jött az említett 900 nT-s, a legnagyobb múltbeli regisztrált vihar 1861-ben az indiai Alibagban 1600 nT volt, az elméletileg elképzelhető maximális vihar pedig 2500 nT-s.

A geomágneses tevékenység és ezzel együtt a Föld körüli térség állapotának változásai kockázati tényezőt jelentenek az űrtechnológiában, a rádióhullám-terjedésben és a műholdas helymeghatározó rendszerek működésében is. A geomágneses mérések kiemelt szerepet játszanak a Föld körüli térség állapotának és változásainak, az ún. űridőjárásnak a megfigyelésében.

Az alkalmazott geofizikában a geomágneses anomáliák, illetve az azokat létrehozó hatók mágneses kutatása esetén is elkerülhetetlen a mért értékek korrekciója a geomágneses tér pillanatnyi értéke alapján.

A nagyobb frekvenciás jelek hasznosítása is sokféle. A geomágneses indukciós kutatások ezeken belül is a földi áramokkal való földtani kutatás tipikus jelei a geomágneses

pulzációk, de az üledékes összlet felbontásához nagyobb frekvenciájú jelekre van szükség. Közismert, hogy a zivatarok elektromágneses sugárzása milyen recsegést okoz a rádió-vevőkészülékekben. Még az I. világháború alatt ugyancsak rádiókkal észlelték azokat a jellegzetesen mélyülő hangú whistlereket, amelyek hozzánk a déli félteke villámaiból a geomágneses erővonalak mentén haladva jutnak el, és tudósítanak a terjedésük útvonalának helyzetéről, valamint az ott érvényes elektronsűrűségről. Ezek a whistlerek tették lehetővé még az aktív úrkutatás megindulása előtt a magnetoszféra szerkezetének megismerését.

A fenti példák sorát még tovább lehetne bővíteni. A bizonyítottak tekinthető összefüggések mellett vannak egyelőre hipoteti-

kusnak tekintendő feltevések is, így az éghajlat, illetve az időjárás befolyásolása a geomágneses tevékenység által, vagy a tevékenység hatása egyes élő szervezetekre. Mindenesetre a geomágneses tér, illetve annak változásai jelentős szerepet játszanak a Föld körüli térség, sőt a Föld belső szerkezetének megismerésében is, így feltétlen helyük van a kibontakozó, nagy nemzetközi együttműködésben.

Jelen összefoglalás bővebb változata megjelent a *Magyar Geofizika* című folyóiratban, ahol a felhasználási területekről magyar kutatók számos összefüggést mutatnak be.

---

Kulcsszavak: *földmágnesség, geomágneses pulzáció, geomágneses tevékenység, térátfordulás, úridőjárás*

