

Geomágneses megfigyelő rendszer a Széchenyi István Geofizikai Obszervatóriumban

LEMPERGER ISTVÁN^{1*}, SZENDRŐI JUDIT¹, SZABÓ CSONGOR¹, KUSLITS
LUKÁCS¹, KIS ÁRPÁD¹, SZALAI SÁNDOR M.¹, MOLNÁR CSABA¹ ÉS
WESZTERGOM VIKTOR¹

¹Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet (ELKH FI), Sopron

Absztrakt

A Széchenyi István Geofizikai Obszervatóriumban (SZIGO) már több, mint hat évtizede folyik a felszíni geoelektromos és geomágneses tér megfigyelése. Az Obszervatórium a geomágneses megfigyelő állomásokat tömörítő nemzetközi hálózat, az INTERMAGNET egyik legjobb minősítéssel kitüntetett tagja, melyet a folyamatos és nagy pontosságú adatszolgáltatás révén érdemelt ki (www.intermagnet.org). A geomágneses megfigyelő rendszer nemrégiben újult meg, illetve egészült ki egy redundáns digitalizáló-adatgyűjtő-szerver lánccal, melynek révén a fluxgate magnetómer analóg jelét két független rendszer digitalizálja, rendezi ASCII fájlalba, valamint továbbítja egy-egy adatszerveren telepített SQL adatbázisba. A geomágneses indukció révén az előbbihez szervesen kapcsolódó fizikai mennyiség, a geoelektromos tér mérésére szolgáló rendszer a közeljövőben szintén megújul, melynek eredményeképpen egy nagyobb dinamikatarományt, jobb felbontásban leképező rendszer kerül beüzemelésre. Az alábbiakban az újonnan telepített geomágneses mérőrendszer kerül bemutatásra, valamint néhány, az új rendszerrel, az elmúlt 12 hónapban regisztrált SSC esemény.

Kulcsszavak: geomágneses megfigyelés, INTERMAGNET.

Bevezetés

A Széchenyi István Geofizikai Obszervatóriumban a '60-as évek elején készült el két épület, mágneses tekintetben semleges építőanyagok felhasználásával. Az egyik a

*Levelező szerző: Lemperger István (lemperger.istvan@epss.hu)

folytonos geomágneses regisztrálásnak helyt adó ún. *relatív ház*, míg a másik az abszolút geomágneses elemek meghatározására szolgáló *abszolút ház*. A H (horizontális komponens), D (deklináció) és Z (vertikális összetevő) geomágneses elemek folyamatos megfigyelése és az abszolút értékek heti rendszerességű meghatározása 1960 júliusában kezdődött. Ekkor két darab, fotópapírra regisztráló, La Cour típusú dán variométer képezte a műszerpark alapját, valamint két QHM (quartz-horizontalmagnetometer), egy BMZ (balance-magnetic-zero), egy mágneses deklinatórium és egy Föld induktor (Askania). Ez a műszeregyüttes szolgált a geomágneses tér meghatározására egészen 1989-ig, mikortól az abszolút értékek megfigyelése alapját egy vektor proton magnetométer képezte. 1991-től ugyanez egy proton magnetométer (ELSEC 820) és egy triaxiális fluxgate magnetométer alkalmazásával kerül meghatározásra. Ugyancsak 1991-től a relatív változások folyamatos rögzítését a BGS által telepített ARGOS rendszer végezte s az első néhány évben az analóg jel fotópapírra rögzítése is üzemben maradt.

A geomágneses adatsorok 1961-től kezdődően minden évben, a földi áram megfigyelésekkel együtt, kiadvány formájában is megjelentek. A tellurikus adatok a geomágneses variációk értelmezésében fontos szerepet játszanak, közvetlen információt szolgáltatva az utóbbiak felszín alatti indukciós hatásáról. A számított helyi lineáris geomágneses aktivitási indexek 7 nT-s lépésekben mérték a felszíni mágneses tér időablakra eső változékonyságát. Az obszervatóriumi jelentésekben a geomágneses elemek havi és éves átlagértékei jelentek meg.

Az Obszervatórium 1993-ban vált a geomágneses megfigyelő állomásokat tömörítő INTERMAGNET hálózat tagjává, mely szigorú követelményeket támaszt a továbbított adatok minősége, folytonossága és megbízhatósága tekintetében. Az adatok az első években a METEOSAT műholdon keresztül kerültek továbbításra, majd később napi rendszerességgel, email tartalom formájában jutottak el az ún. GIN (geomagnetic information node) szerverekig. A geomágneses adatsorok az INTERMAGNET oldaláról CD-ROM, illetve közvetlen adatletöltés révén bárki számára elérhetőek.

Az Obszervatórium IAGA kódja NCK, földrajzi koordinátái alább: $\Phi = 47^{\circ}38'$ (N), $\lambda = 16^{\circ}43'$ (E),

Tengerszint fölötti magasság = 153.70 m,

McIllwain L = 1.9.

A percnkénti mintavételezés idővel elégtelennek bizonyult az ionoszférikus folyamatok felszíni megnyilvánulásainak vizsgálata céljára, valamint a magnetoszférikus forrásjelenségek elemzése, azonosítása tekintetében. Szükségessé vált a rendszer to-

vábbfejlesztése, hogy az Observatórium továbbra is az INTERMAGNET közösség fontos tagját képezhesse.

A geomágneses mérőrendszer továbbfejlesztése

Egy megbízható, pontos és hosszú távon is adathiány mentes mérést garantáló mérőrendszer felállítása csak az alkotórészek alapos és körültekintő megválasztása révén valósítható meg. A lánc első tagja maga a befogadó épület, amely eredetileg is a célnak megfelelően szigorú feltételek mellett épült, csak mágneses szempontból semleges építőanyagok, építőelemek felhasználásával. A **relatív ház** tetőszerkezete 2020-ban került felújításra.

A rendszer magját a DTU Space által gyártott **FGE fluxgate magnetométer** alkotja, mely évtizedek óta megbízhatóan, stabil alapvonal mellett működik jónéhány INTERMAGNET obszervatóriumban világszerte. Az FGE analóg kimenete, mely a három mágneses komponens pillanatnyi értékével arányos feszültség mellett a detektor és a szenzor helyén mérhető hőmérsékletről is információt nyújt, a mérőlánc következő eleme, melynek kimenete az A/D konverter bemeneti jelét képezi. A **SYMRES USB8CH** csatornánként független 24 bites valós idejű folyamatos adatgyűjtést tesz lehetővé, DC-10 kHz mintavételi frekvencián, jelen esetben 20 Hz-es mintázási gyakoriság mellett alkalmazva. A differenciális analóg bemenetek ± 4 V értékeken futnak telítésbe. A digitalizáló egység USB porton keresztül kommunikál az adatgyűjtő számítógéppel és a digitalizált mérési minták mellett a pillanatnyi GPS időt is továbbítja. Az adatok az adatgyűjtő **BeagleBone Black** mikroszámítógépen kerülnek feldolgozásra és tárolásra 5 percnyi adatsor méretű ASCII fájlok formájában. A rendszer szoftver mellett a **DVM** biztosítja az adatgyűjtés praktikus testreszabását, a pipelined architektúra pedig lehetővé teszi további adatfeldolgozó, illetve adatbáziskezelő modulok közbeiktatását, biztosítva annak lehetőségét, hogy a hardver-szoftver együttes alkalmazását a legkülönbözőbb adatgyűjtő rendszerek kialakítására. A mikroszámítógép operációs rendszere és az adatgyűjtő szoftver a hosszútávú folytonos regisztrálás biztosítása érdekében 16 GB ipari felhasználásra szánt SD kártyáról fut. A gyári adatgyűjtő modulok láncolata a konkrét alkalmazásnak megfelelően kiegészítésre és további bővítésre került egy **INTERMAGNET GIN-be történő adattovábbítást biztosító modullal**, valamint egy helyi szerverre történő másodpercenkénti **SQL táblába töltést ellátó szkripttel**. Ez utóbbi a naptári napoknak megfelelő táblába tölti a 24 óránál régebbi adatokat, valamint az aktuális mintákat egy 24 órányi adatsort tartalmazó táblába helyezi el.

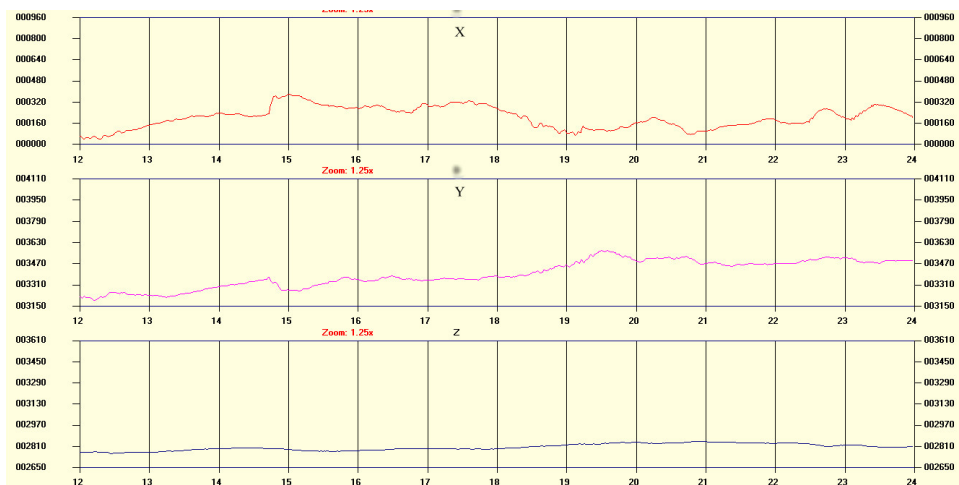
Kiemelt geomágneses események

A (Storm) Sudden Commencement (SSC) néven ismert jelenség a geomágneses északi komponensben beálló hirtelen változás formájában figyelhető meg, amely egy geomágneses vihar kezdetét jelöli, vagy egy legalább órás időtartamú fokozott aktivitású időszak elején azonosítható. A Sudden Commencement és a Solar Flare Effect (SFE) események geomágneses obszervatóriumok magnetogramjain azonosítható koherens változások alapján kerülnek meghatározásra. Az állomások nevei és azok három karakterből álló azonosító kódja az IAGA Bulletin 32. számában található az állomások éves geomágneses adataival együtt. 1966 januárja előtt ezek az adatok a Journal of Geophysical Research-ben jelentek meg rendszeresen, míg 1966-70 között a negyedévente megjelenő Solar-Geophysical Data közölte. 1970 decemberétől a geomágneses események azonosításához elegendő, ha legalább öt obszervatórium adatai alapján igazolható, s havi rendszerességgel kerül leközlésre. 2007-től az SSC események az ebroi obszervatórium adatai alapján kerülnek azonosításra (Curto és társai, 2007).

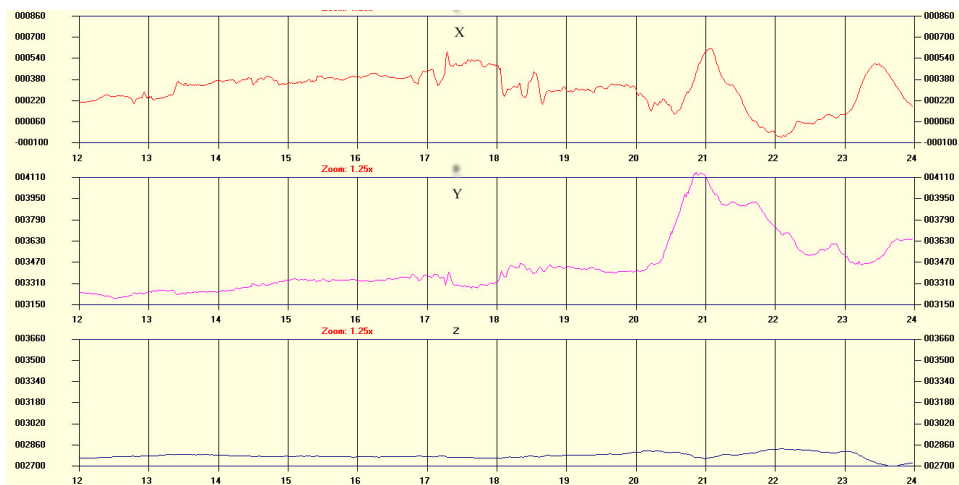
Az elmúlt 12 hónapból hét azonosított eseményhez tartozó regisztrátum részletet jelenít meg az 1-7. ábra, amelyek a SZIGO regisztrátumain is egyértelműen igazolhatók, valamint az I. táblázat listázza ezek fontosabb jellemzőit.

I. táblázat. Legalább öt geomágneses obszervatórium regisztrátumán azonosított SSC események az elmúlt 12 hónapból.

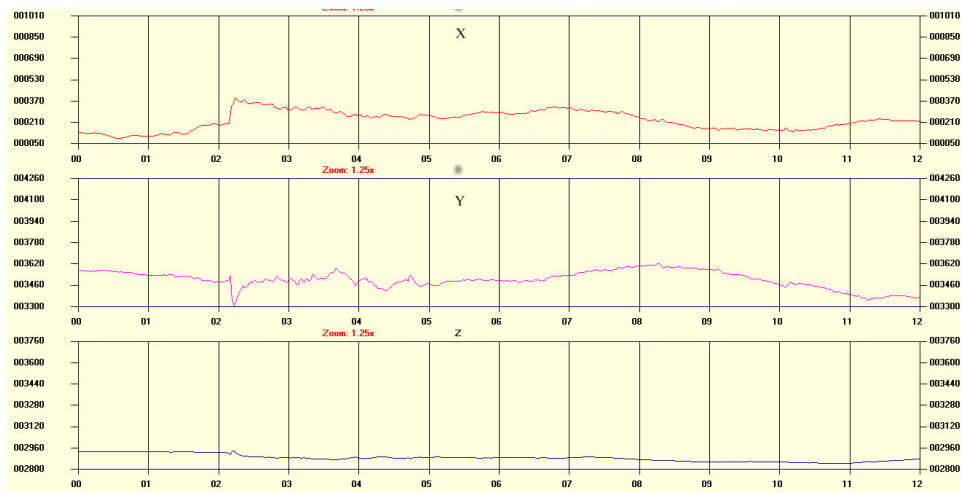
YYYY	MM	dd	hh	min	Amplitúdó (nT)					Értékelés				Típus	
2020	10	19	14	41	13.4	9.5	14.7	21.1	22.1	3	2	2	2	3	SSC
2020	10	23	13	20	7.3	7.3	11.4	11	10.8	0	1	1	1	1	SSC
2020	12	10	2	9	20.2	18.5	19.5	25.1	21.8	3	3	3	3	3	SSC
2021	5	12	6	37	27.7	25.5	20.7	46.3	36.4	2	3	2	3	3	SSC
2021	5	26	12	44	13.1	25.1	17.9	20.8	26.9	3	3	3	3	3	SSC
2021	6	2	13	30	8.8	9.8	11.6	13.3	14.8	1	1	2	3	2	SSC
2021	8	27	1	14	12.4	12.8	17.5	12.1	15.7	2	1	1	1	2	SSC



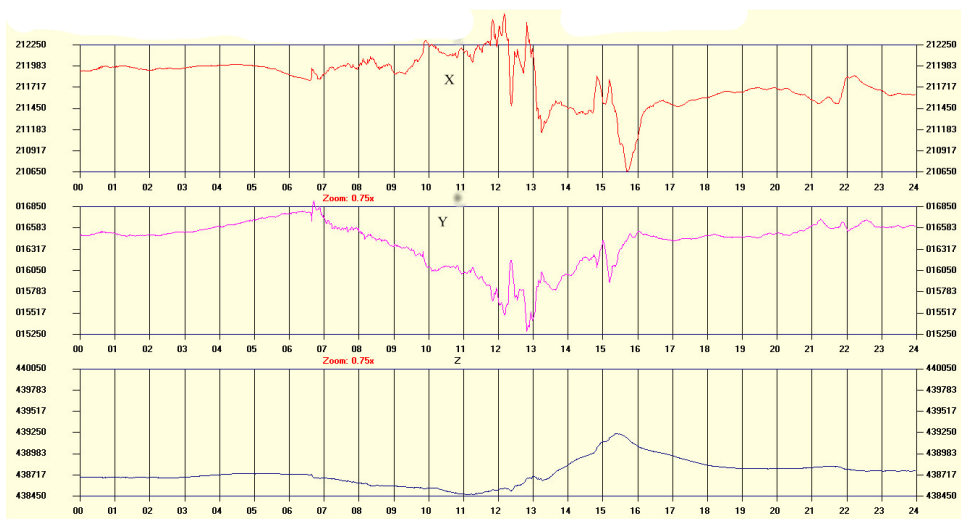
1. ábra. A SZIGO geomágneses regisztrátumán azonosított SSC – 2020.10.19. (H , +13.9 nT).



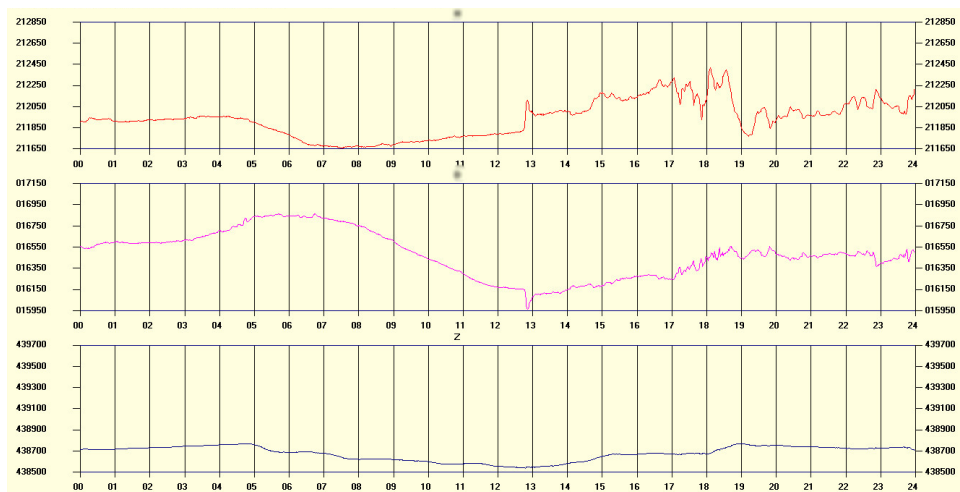
2. ábra. A SZIGO geomágneses regisztrátumán azonosított SSC – 2020.10.23. (H , +10.2 nT).



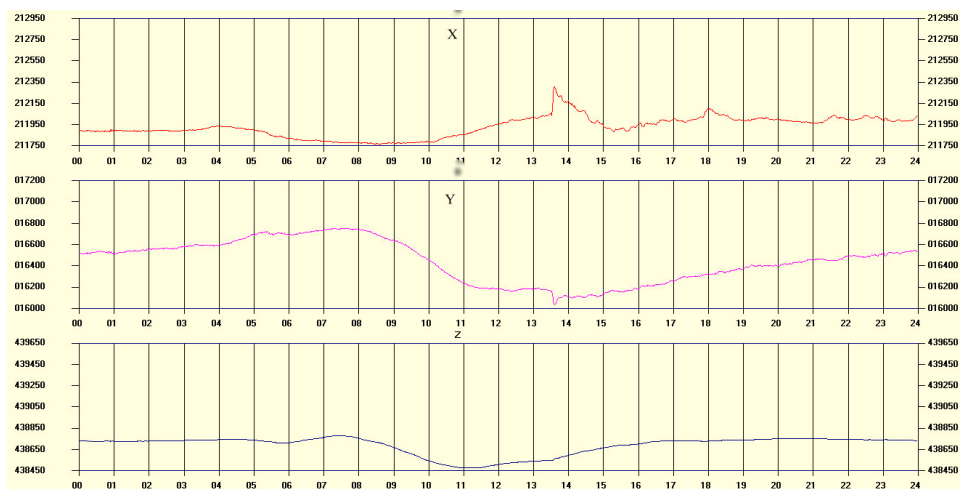
3. ábra. A SZIGO geomágneses regisztrátumán azonosított SSC – 2020.12.10. (D, -22.4 nT).



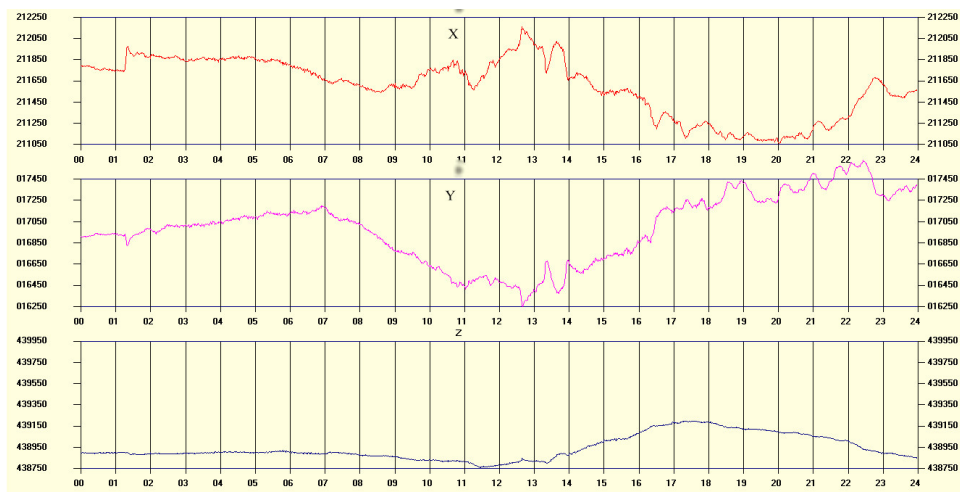
4. ábra. A SZIGO geomágneses regisztrátumán azonosított SSC – 2021.05.12. (D, $+26.0$ nT).



5. ábra. A SZIGO geomágneses regisztrátumán azonosított SSC – 2021.05.26. (H , +29.1 nT).



6. ábra. A SZIGO geomágneses regisztrátumán azonosított SSC – 2021.06.02. (H , +27.6 nT).



7. ábra. A SZIGO geomágneses regisztrátumán azonosított SSC – 2021.08.27. (H , +24.2 nT).

Jövőbeli kilátások

A Wigner FK és a FI együttműködése eredményeként a SZIGO területén folyamatban van egy unikális laboratórium kialakítása (Erdős és társai, 2019a,b). A beruházás célja olyan laboratóriumi környezet létrehozása, amelyben a felszíni geomágneses tér aktív kompenzálás és passzív árnyékolás együttes alkalmazásával néhány 10 pT nagyságrendre csökken a helyi kb. 48.000 nT-ról. Az aktív kompenzáló tekercsrendszer alkalmazása lehetővé teszi, hogy a földi főtér mellett az ionoszférikus áramrendszerek viszonylag kis amplitúdójú dinamikus felszíni mágneses terét is eliminálni tudjuk. A valós idejű, nagy pontosságú, helyi másodperces geomágneses adatok folyamatos elérésének lehetősége nélkül mindez nem lenne megvalósítható. Ezen túl az Observatórium geomágneses és tellurikus adatsorai a közeljövőben már az Űridőjárás Adatközpont (Space Weather Data Center) szerverein is elérhetőek lesznek. A tellurikus mérőrendszer modernizálása szintén az observatóriumi műszerpark egyik folyamatban lévő fejlesztése. Az új adatgyűjtő rendszer nagyobb mintavételi frekvenciát és kibővített dinamikatartományt tesz lehetővé a korábbihoz képest, valamint az adatrendszer távoli elérése is az eddigtől eltérő platformon valósul meg.

Irodalomjegyzék

- Curto, J. J., Araki, T., & Alberca, L. F. (2007). Evolution of the concept of Sudden Storm Commencements and their operative identification. *Earth, Planets and Space*, 59, pp. i–xii, <https://doi.org/10.1186/BF03352059>
- Erdős, G., Hevesi, L., Lemperger, I., Nagy, J., Nemeth, Z., & Westergom, V. (2019, May 20-22). *Installation of an Electromagnetic Test Facility in Hungary* [Paper presentation]. 2019 ESA Workshop on Aerospace EMC, Budapest, Hungary. <https://doi.org/10.23919/AeroEMC.2019.8788935>
- Erdős, G., Hevesi, L., Kuslits, L., Lemperger, I., Lichtenberger, J., Nemeth, Z., U. Nagy, L., Veres, M., & Westergom, V. (2019, April 24-26). Mágneses Nulltér Laboratórium (ZBL) létrehozása. [Paper presentation] In: *Magyar Űrkutatási Fórum 2019 - Az előadások összefoglalói*. Magyar Űrkutatási Fórum 2019, Sopron, Magyarország. http://urforum.ggki.hu/docs/MUF2019_abstract_book_final.pdf#page=29