

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Villámkisülésekhez társuló felsőlégköri elektro-optikai emissziók
és Schumann-rezonancia tranziensek vizsgálata**

Bór József

Sopron
2010

Az értekezés
a Nyugat-magyarországi Egyetem
Erdőmérnöki Karához tartozó
Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola
Geokörnyezettudomány programjának keretében készült.

Témavezető:
Dr. Sátori Gabriella, a földtudomány kandidátusa

Előzmények

A légköri elektromosság környezetünk egyik háttéreleme, amelynek közvetlen kapcsolata a mindennapi életünkkel a villámkisülések révén alkalmoszerű [Rakov és Uman, 2003]. E természeti összetevő azonban viszonylag egyszerű és gazdaságos lehetőséget nyújt mindazon folyamatok nyomonkövetésére és megismerésére, amelyekkel a kapcsolatát ismerjük; például a zivatarvékenység megfigyelése és előrejelzése a villámkisülések elektromágneses jeleinek észlelése alapján általános gyakorlat.

A felsőlégköri elektro-optikai emissziók (FEOE-k) a zivatarfelhők és az ionoszféra alsó határrétege közötti, alkalmankénti és rövid ideig tartó, intenzív energia- és töltésáramlások következményei és így a villámkisülésekhez hasonlóan a légkör elektromos aktivitásának indikátorai [Füllekrug et al., 2006]. Ezen jelenségek tulajdonságainak és más környezeti elemekkel való kölcsönhatásrendszerének a megismerése szükséges ahhoz, hogy a természet folyamataiban betöltött szerepükről, jelentőségükről, valamint hasznosításuk lehetőségeiről teljesebb képet alkothassunk. A FEOE-k egy csoportja intenzív villámkisülések után a zivatarfelhő és az ionoszféra között felépülő és rövid ideig fennálló elektromos térben alakul ki. Az ilyen emissziók megjelenését kiváltó kvázi-stacionárius elektromos tér erősségére a tér létrejöttét okozó forrásvillám töltésmomentum-változásából következtetni lehet. A villámkisülések töltésmomentum-változása például a kisülés közben kisugárzott elektromágneses hullámok jeleinek analízise alapján becsülhető.

A Schumann-rezonancia tranziensek (SRT-ek) egyedi, intenzív villámkisülésektől származó nagy energiájú hullámcsomagok, amelyek a Föld-ionoszféra hullámvezetőben terjednek és energiájuk a zárt hullámvezető első (alsó) néhány elektromágneses sajátrezgésének a frekvenciatartományában koncentrálódik [Nickolaenko et al., 2010]. A SRT-ek mérőállomásokon regisztrált adataiból a forrásvillám polaritása, földrajzi helye, árammomentuma és töltésmomentum-változása levezethető. Mivel a villámkisüléshez köthető FEOE-k egy jelentős hányadát kiváltó villámok egyben SRT források is [Boccippio et al., 1995], az emissziók kialakulásához kedvező elektromos környezet tulajdonságainak a vizsgálata a SRT-ek analízisével kézenfekvő.

Miközben a villámkisülések globális gyakorisága átlagosan kb. 50 esemény másodpercenként, a SRT-eket kiváltó kisülések átlagos száma percenként mindössze 1-2. Ez többnyire lehetővé teszi a SRT-ek egyedi kiértékelését, ami által nemcsak a forráskisülés tulajdonságai határozhatók meg, hanem a hullámvezető pillanatnyi állapota is elkülönítve vizsgálható az átlagos villámkisülésektől származó, kvázi-állandó, alacsonyfrekvenciás háttérzajtól, amelyben a források globális eloszlásának, aktivitásának, illetve a hullámvezető geometriai és elektromágneses tulajdonságainak a hatásai egyidejűleg, egymásra szuperponálódva nyilvánulnak meg [Nickolaenko és Hayakawa, 2002; Price et al., 2007].

Kutatási célkitűzések

A jelölt célul tűzte ki, hogy a Széchenyi István Geofizikai Observatóriumban működő mérőrendszer által rögzített SRT-ek idősorainak felhasználásával különböző földrajzi területek fölött megfigyelt FEOE-kat kiváltó forrásvillámok polaritását és töltésmomentum-változását határozza meg, és az eredményeket összehasonlítja más észlelésekből származó következtetésekkel.

A töltésmomentum-változásokkal kapcsolatban vizsgálni kívánta, hogy SRT-ekből levezetett értékekre hatással van-e az alacsonyfrekvenciás hullámok nappali-éjszakai terminátorvonalon való áthaladása, amint azt Schumann rezonancia háttérérésekből származó adatok sugallják [Sátori et al. 2007].

A jelölt Közép-Európa fölötti FEOE észlelések Magyarországról történő folytatását is kezdeményezte. Célja a térségben előforduló jelenségek gyakoriságának, optikai tulajdonságainak és keletkezési körülményeinek a felmérése, illetve más észlelések során tapasztalt jellemzőkkel való összehasonlítása volt.

Elvégzett munka és alkalmazott módszerek

A jelölt a SRT-ek adatsorainak ismert feldolgozási módszerei közül kiválasztotta a Széchenyi István Geofizikai Observatórium mérőrendszerének paramétereire leginkább illőt és az eljárás néhány lépését továbbfejlesztette. A regisztrált nyers adatsorok áttekintése céljából C++ programnyelven Windows 32 bites környezetben futó megjelenítőalkalmazást fejlesztett. A SRT idősorok analíziséhez Matlab 4.2c szoftverkörnyezetben egy programcsomagot hozott létre, amelyben a módosított feldolgozási eljárás minden lépését implementálta.

Az alacsonyfrekvenciás elektromágneses háttérzajban észlelt, a mérési helyen a naplemente és napfelkelte időpontja körül bekövetkező amplitúdó-szintváltozások vizsgálata céljából a jelölt ugyanazon forrásból származó SRT-eket keresett a Széchenyi István Geofizikai Observatórium és az izraeli Mitzpe Ramon város mellett fekvő, hasonló észlelőállomás adatsoraiban. Meghatározta az SRT-ek forrásainak helyét és árammomentum-spektrumát. Az eseteket csoportokba sorolta aszerint, hogy az észlelőállomások, illetve a SRT forrása a nappali-éjszakai terminátorvonal melyik oldalán helyezkedtek el, és összehasonlította az egyes csoportokon belül, majd a különböző csoportok között a forrás két állomáson becsült árammomentum-spektrumának arányát.

A jelölt Nyugat-Európa fölött 2003-ban és 2005-ben, a keleti mediterrán térség fölött Izrael közelében 2005 és 2009 között, valamint Közép- Nyugat-Afrikában, Nigéria fölött 2006-ban megfigyelt ugyanazon FEOE típus (vörös lidérc) keltővillámjainak SRT-ét azonosította a Széchenyi István Geofizikai Observatórium adatsoraiban az optikai észlelési időpont alapján. Meghatározta a SRT források töltésmomentum változását és a töltésmomentum-változások eloszlását, majd az eloszlásokat Észak-Amerika és Japán fölött észlelt vörös lidérc keltővillámjainak töltésmomentum-eloszlásával vetette össze.

Ugyancsak az optikai észlelési időpont alapján történt egy másik FEOE típus (lidércudvar) műholdról megfigyelt egyedeinek forráskisülései által keltett SRT-ek azonosítása. A jelölt megvizsgálta a források polaritásának és a töltésmomentumoknak az eloszlását, utóbbit összehasonlította a vörös lidérc keltővillámjainak eloszlásával és elemezte az emissziók fényessége és a forráskisülésük töltésmomentuma közötti viszonyt.

A jelölt korábbi FEOE megfigyelési kampányok tapasztalatai alapján egy optikai észlelőrendszert állított össze, amellyel 2007 és 2009 között Közép-Európában a LINET villámfigyelő hálózat információit is felhasználva sikeres vörös lidérc és lidércudvar észleléseket folytatott. Az észlelőrendszer kameramozgató mechanikájának vezérléséhez C++ programozási nyelven szoftvert fejlesztett.

A 2007-es megfigyelések alapján, a LINET és Magyar Meteorológiai Szolgálat nagyfrekvenciás villámadatait, valamint egy szlovákiai megfigyelőállomás optikai észleléseit is felhasználva a jelölt meghatározta a régióban a FEOE-k néhány jellemző tulajdonságát: a forráskisülések és az optikai emissziók megjelenése közötti időbeli és térbeli eltolódások eloszlását, az emissziók kiterjedését, csoportos megjelenés esetén az elemek konfigurációját. Ahol ez lehetséges volt, a tulajdonságokat a felsőlégköri kisülés típusa, illetve az emisszió morfológiai tulajdonságai szerint külön is megvizsgálta, és összehasonlította más kontinensek és régiók fölött észlelt hasonló jelenségek jellemzőivel. Elemezte, hogy az FEOE-k forráskisülései közben előforduló maximális áramerősség (csúcsáram), illetve a felhővillám típusú forráskisülések magassága hogyan viszonyul a megjelenő FEOE típusához és a felsőlégköri kisüléseket nem okozó villámok ugyanezen paramétereinek az eloszlásaihoz.

Saját kutatási eredmények

1. Különböző mérőállomásokon levezetett árammomentum spektrumok között akkor tapasztalható karakterisztikus eltérés, ha az állomások a nappali-éjszakai terminátorvonal különböző oldalán helyezkednek el. Ilyen konfiguráció esetén, ha a forrás a nappali oldalon volt, akkor az éjszakai féltekén levő mérőállomáson a kb. 19-20 Hz alatti frekvenciatartományban átlagosan 20%-kal kisebb amplitúdók adódtak az árammomentum horizontális mágneses térkomponensből levezetett spektrumában. Ez a megfigyelés alátámasztja a háttér Schumann-rezonancia mérésekből eredő következtetést, amely szerint a nappali-éjszakai terminátorvonalon történő áthaladás 50-60 Hz alatt számottevő hatással van az elektromágneses hullámok amplitúdóira [Sátori et al., 2007]. Éjszakai féltekén levő forrás esetén a nappali oldalon levő mérőállomáson kaphatók átlagosan magasabb amplitúdóértékek, de csak a kb. 25 Hz fölötti frekvenciatartományon. Ez utóbbi esetben azonban a kapott amplitúdók szórása nagyobb volt, ezért a második tapasztalat érvényességének az ellenőrzéséhez további vizsgálatok szükségesek.
2. Nyugat-Európa, a keleti mediterrán térség és Közép- Nyugat-Afrika FEOE-kat keltő forrásvillámainak a töltésmomentum-eloszlása és a töltésmomentumok nagyságrendje lényegében nem különbözik egymástól és összességében az észak-amerikai statisztikához áll közelebb annak ellenére, hogy a keleti mediterrán területek fölötti FEOE-kat produkáló téli zivatarok tulajdonságai inkább a Japán-tenger fölötti zivatarokéival egyeznek meg. Ez egyúttal arra is utal, hogy a vörös lidérceket életre hívó zivatarok aktuális dinamikája és egyéb, lokális tényezők hatásából eredő faktorok (pl. aeroszol-koncentráció) meghatározóbbak lehetnek az emissziók keltésének szempontjából, mint a zivatar általános struktúrájának a szerepe.
3. A lidércudvarok nagyobb részét negatív polaritású villámkisülés idézi elő és a negatív polaritású forrásvillámok által keltett emissziók inkább vízfelület, illetve a kontinentális partvonal fölött jönnek létre, mint szárazföld fölött. A jelölt ezzel az eredménnyel megmutatta, hogy csak az Észak-Amerika fölötti megfigyelések alapján levont ugyanilyen következtetések [Frey et al., 2007] globálisan is igazak. Az eredmények ugyanakkor arra utalnak, hogy a pozitív polaritású villámkisülések által keltett lidércudvarok viszont éppen a partvidékek fölött ritkábbak, míg tengerek és szárazföldek fölötti megjelenésük gyakorisága azonos.

A lidércudvarok forrásvillámainak töltésmomentum-változása és a kisülés által kiváltott optikai jelenség fényessége között polaritástól függetlenül gyenge pozitív korreláció áll fenn, ami arra utal, hogy a jelenség fényességének mértékét nem kizárólag a forráskisülés töltésmomentum-változásával összefüggő hatások befolyásolják. A lidércudvarok fényességét meghatározó további faktorok azonosítása további vizsgálatokat igényel.
4. Egy megbízhatóan működő felsőléggkori megfigyelőrendszer felállítására került sor, amely megfelelő minőségű és számú adatot biztosít a közép-európai térség fölötti elektro-optikai jelenségek vizsgálatához.

A régióban tett megfigyelések eredményei szerint a forráskisülés és a vörös lidércek megjelenése közötti időeltolódások három csoportba sorolhatók: rövid időeltolódások 30 ms alatt, közepes időeltolódások 30 ms és kb. 100-110 ms között és a hosszú időeltolódások 100-110 ms fölött. Közép-Európában a leggyakrabban rövid, 10 ms körüli időeltolódások fordulnak elő, ami a nyugat-európai és az amerikai

kontinens fölött a nyári időszakban megfigyelt emissziók esetében tapasztaltakkal egyezik meg, ugyanakkor különbözik a téli kelet-mediterrán és Japán környékén levezetett, jellemzően hosszabb értékektől. A lidércudvarok Közép-Európában is közvetlenül a forrásvillámuk után jelennek meg, és szintén az általános tapasztalathoz illeszkedik, hogy a hosszú időeltolódások (>100 ms) csak viszonylag kisebb csúcsáramértékek (<50 kA) esetén fordultak elő, míg a különösen nagy csúcsáramértékeknél (>100 kA) a vörös lidércek időeltolódása legfeljebb közepes volt (< ~60 ms).

A magányosan megjelenő vörös lidércek forrásvillámuktól számított időeltolódásainak az eloszlása az alakjuktól függetlenül hasonló, és nem különbözik a csoportban megjelenő, csak répa vagy csak gondolócsont ('V') alakú vörös lidércek időeltolódásainál tapasztalttól sem. A csoportosan megjelenő, csak oszlop alakú elemeket tartalmazó emissziók időeltolódása viszont karakterisztikusan 30 ms-nál kisebb.

5. A közép-európai vörös lidércek nem különböznek a Föld többi része fölött megfigyelt társaiktól abban, hogy forrásvillámaik csúcsárama általában átlagon felüli, és hogy a csúcsáram értéke ugyanakkor nem meghatározó a megjelenésük szempontjából. A lidércudvarok esetében azonban a Közép-Európában tapasztaltak szerint a kb. 110 kA-nél nagyobb csúcsáramérték bár nem szükséges, de nagy valószínűséggel elégséges ennek az emissziótípusnak a megjelenéséhez.
6. A vörös lidércek jellemzően eltolódva jelennek meg a forrásvillám helyéhez képest. Közép-Európában oszlop alakú vörös lidércek esetén leggyakrabban 10-15 km-es eltolódás volt megfigyelhető, míg répa alakú lidérceknél az eltolódás eloszlásában két csúcs jelent meg 5-10 km és 25-30 km-nél. Különösen az oszlop alakú emissziók esetében a tapasztalt eltolódás jó egyezésben áll amerikai észleléseknél tapasztalt értékekkel.

Az eredmények alapján úgy tűnik, hogy a FEOE-kat keltő felhővillámok nem a zivatarfelhő alsó hányadában következnek be.

7. Az ugyanazon villámkisüléstől eredő oszlop alakú vörös lidércek által elfoglalt magasságtartomány azonos. Az oszlop alakú vörös lidércek hossza és magassága a különböző események között a 65-86 km-es magasságtartományon belül jelentősen változik.

A répa alakú vörös lidércek központi, legfényesebb tartományának hossza valamivel kisebb változékonyságot mutat, mint az oszlop alak esetében: többségük 9-16 km-es. A központi rész az oszlop alakú lidércekhez képest jellemzően alacsonyabban jelenik meg, amely tapasztalat alátámasztja észak-amerikai megfigyelések során készült nagyobb időfelbontású felvételek alapján végzett háromszögelések eredményeiből származó következtetéseket [Stenbaek-Nielsen et al., 2010]. A répa alakú vörös lidércek legfelső, diffúz részének legnagyobb magassága a répatest hosszától függetlenül elég stabilan 86 km és 89 km között található.

8. A vörös lidércek körszimmetriát, vagy annak még felismerhető mértékben torzult változatát mutató konfigurációjának előfordulása ritkább, mint a látszólag véletlenszerű elemelrendezés.

A forráskisülés kisülési csatornájának orientációja hasonlóságot mutat némely esetben az elemek dőlésének irányával, torzult csoportnál a szimmetriatengely elmozdulásának irányával, illetve a csoport egészének a forráskisüléshez viszonyított eltolódási irányával. Ez a megfigyelés alátámasztja azokat a modellezési

eredményeket, amelyek szerint a forrásvillám kisülési csatornájának irányultsága és a kisülés következményeként megjelenő emissziók geometriája között összefüggés áll fent [Asano et al., 2009].

Az értekezés eredményeinek hasznosulása

A dolgozat eredményei egyrészt segítséget nyújtanak az alacsonyfrekvenciás elektromágneses háttérzajban észlelt, a mérési helyen a naplemente és napfelkelte időpontja körül bekövetkező amplitúdó-szintváltozások helyes értelmezésében, másrészt hozzájárulnak a FEOE jelenségkör teljesebb megismeréséhez. A jelölt által felállított optikai megfigyelőrendszer a légköri elektromosság ezen újabban felfedezett megnyilvánulási formájának a tanulmányozását szolgálja Közép-Európában.

Az értekezés témakörében készült publikációk jegyzéke

Referált nemzetközi kiadványokban megjelent szakcikkek

Neubert, T., T. H. Allin, E. Blanc, T. Farges, C. Haldoupis, A. Mika, S. Soula, L. Knutsson, O. van der Velde, R. A. Marshall, U. Inan, G. Sători, J. Bór, A. Hughes, A. Collier, S. Laursen and I. L. Rasmussen, *Co-ordinated observations of transient luminous events during the EuroSprite2003 campaign*, J. Atm. Solar-Terr. Phys., 67, 807-820, 2005.

Marshall, R. A., U. S. Inan, T. Neubert, A. Hughes, G. Satori, J. Bor, A. Collier, and T. H. Allin, *Optical observations geomagnetically conjugate to sprite-producing lightning discharges*, Ann. Geophys., Vol. 23, pp. 2231-2237, 2005 September

Eran Greenberg, Colin Price, Yoav Yair, Michal Ganot, József Bór and Gabriella Sători, *ELF Transients associated with sprites and ELVES in Eastern Mediterranean winter thunderstorms*, J. Atmos. Solar-Terrest. Phys., Vol. 69, Issue 13, pp. 1569-1586, doi:10.1016/j.jastp.2007.06.002, September 2007

Enrico Arnone, Peter Berg, Fredrik Boberg, József Bór, Olivier Chanrion, Carl-Fredrik Enell, Massimiliano Ignaccolo, Ágnes Mika, Anna Odzimek, Oscar van der Velde, Thomas Farges, Steen Laursen, Torsten Neubert and Gabriella Sători, *The Eurosprite 2005 campaign*, Proceedings of the 33rd Annual European Meeting on Atmospheric Studies by Optical Methods, Kiruna, Sweden, 28 August - 1 September 2006., IRF Scientific Report 292, 29-40, ISSN 0284-1703, ISBN 978-91-977255-1-4, 2008, Swedish Institute of Space Physics, Kiruna, Sweden

Bór, J., Sători, G. and Betz, H-D., *Observation of TLEs in Central Europe from Hungary Supported by LINET*, in Norma B. Crosby, Tai-Yin Huang, Michael J. Rycroft, Coupling of Thunderstorms and Lightning Discharges to Near-Earth Space: Proceedings of the Workshop Corte (France), 23-27 June 2008, AIP Conference Proceedings Volume 1118, pp. 73-83, ISBN: 978-0-7354-0657-5, ISSN: 0094-243X, doi:10.1063/1.3137716, 2009

Yoav Yair, Colin Price, Michal Ganot, Eran Greenberg, Roy Yaniv, Baruch Ziv, Yosef Sherez, Adam Devir, József Bór and Gabriella Sători, *Optical observations of transient luminous events associated with winter thunderstorms near the coast of Israel*, Atmospheric Research, Volume 91, Issues 2-4, February 2009, Pages 529-537, 13th International Conference on Atmospheric Electricity - ICAE 2007, doi:10.1016/j.atmosres.2008.06.018

A. Ádám, P. Bencze, J. Bór, B. Heilig, Á. Kis, A. Koppán, K. Kovács, I. Lemperger, F. März, D. Martini, A. Novák, G. Sători, S. Szalai, L. Szarka, J. Verő, V. Wesztergom, B. Zieger, *Geoelectromagnetism and the changing Earth*, Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica, Akadémiai Kiadó, ISSN 1217-8977 (Print) 1587-1037 (Online), Volume 44, Number 3/September 2009, DOI 10.1556/AGeod.44.2009.3.3, pp. 271-312

E. R. Williams, W. A. Lyons, Y. Hobara, V. C. Mushtak, N. Asencio, R. Boldi, J. Bór, S. A. Cummer, E. Greenberg, M. Hayakawa, R. H. Holzworth, V. Kotroni, J. Li, C. Morales, T. E. Nelson, C. Price, B. Russell, M. Sato, G. Sători, K. Shirahata, Y. Takahashi, K. Yamashita, *Ground-based detection of sprites and their parent lightning flashes over Africa during the 2006 AMMA campaign*, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 136(s1), pp. 257-271, (2010), DOI: 10.1002/qj.489, (Published online 3 December 2009 in Wiley InterScience)

Könyvfejezet

J. Bór and G. Sători, *Lightning induced Schumann resonance transients and sprites*, Geophysical Observatory Reports of the Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences, Year 2005-2006, Special issue on the occasion of the 50th anniversary of the Observatory, p. 95., HU-ISBN 978-963-8381-22-4, HU-ISSN 0133-459X, Sopron, 2007

Előadások nemzetközi konferenciákon

Neubert, T , Laursen, S Rasmussen, I L , Allin, T H, Inan, U, Marshall, R A, Hughes, A, Modise, T, Collier, A, Blanc, E, Farges, T, Lefeuvre, F , Parrot, M, Haldoupis, C, Soula, S, Sători, G, Bór, J, *The Sprite2003 Campaign*, AGU Fall Meeting, San Francisco, 2003., Eos. Trans. AGU, 84(46), Fall Meet. Suppl. Abstract No. AE41B-06, Szóbeli

Torsten Neubert, Steen Laursen, Thomas H. Allin, Umran Inan, Robert A. Marshall, Arthur Hughes, Tankiso Modise, Andrew Collier, Elisabeth Blanc, Thomas Farges, Francois Lefeuvre, Michel Parrot, Christos Haldoupis, Serge Soula, Gabriella Sători, József Bór, *The Sprite 2003 Campaign*, European Geosciences Union 2004, Nice, Geophysical Research Abstracts, Vol. 6, 01915, 2004, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU04-A-01915, Szóbeli

József Bór, *Observation of Schumann Resonance Transients at Nagycenk, Hungary*, NATO Advanced Study Institute on Sprites, Elves and Intense Lightning Discharges, July 24-31, 2004, Corte (Corsica, France), Poszter

- Neubert, T, Laursen, S ; Rasmussen, I L; Allin, T H; Inan, U ; Marshall, R A; Hughes, A ; Collier, A ; Blanc, E ; Farges, T; Haldoupis, C; Mika, A; Soula, S; Knutsson, L; Velde, O, Satori, G ; Bor, J, *Results From the European Sprite2003 Campaign*, Fall Meet. 2004, San Francisco, 2004., Eos Trans. AGU, 85(47) Suppl. Abstract AE51A-06, Szóbeli
- Neubert, T, Laursen, S ; Rasmussen, I L; Allin, T H; Inan, U ; Marshall, R A; Hughes, A ; Collier, A ; Blanc, E ; Farges, T; Haldoupis, C; Mika, A; Soula, S; Knutsson, L; Velde, O, Satori, G ; Bor, J, *Results From the European Sprite2003 Campaign*, European Geosciences Union General Assembly, Vienna, 2005., Geophysical Research Abstracts, Volume 7., SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-08558, ISSN: 1029-7006, Abstract No. EGU05-A-08558, Szóbeli
- J. Bór, G. Satori, *Processing of Schumann resonance transients observed at Nagycekn, Hungary*, European Geosciences Union General Assembly, Vienna, 2005., Geophysical Research Abstracts, Volume 7., SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-00729, ISSN: 1029-7006, Abstract No. EGU05-A-00729, Poszter
- T. Neubert, U. Inan, R. A. Marshall, A. Hughes, A. Collier, E. Blanc, T. Farges, C. Haldoupis, A. Mika, S. Soula, O. van der Velde, G. Satori and J. Bor, *Co-ordinated observations of sprites*, 28th General Assembly of URSI, New-Delhi, India, 2005., Proceedings CD-ROM, Abstract No. HGEP.3(01615), Poszter
- Bór, J.; Satori, G.; Price, C.; Greenberg, E., *Comparison of ELF Transients Observed at Two Separate Observatories*, XXVIIIth URSI General Assembly, New Delhi, India, 2005, Proceedings CD-ROM, Abstract No. HGEP.11(0080), Poszter
- Soula S., O. van der Velde, T. H.Allin, T. Neubert, J. Bór and G. Satori, *Analysis of the thunderstorm systems producing sprites: overview of the 2003 campaign*, CAL Mid-term science meeting, Elounda, Crete, 2005. Szóbeli
- G. Satori and J. Bor, *Studying Individual and Global Lightning by Schumann Resonances*, First International Symposium on Lightning Physics and Effects Held jointly with the Third International Workshop on EM Radiation from Lightning to Tall Structures Vienna, Austria, 2006. Szóbeli
- J. Bór, G. Satori, C. Price, E. Greenberg, *Comparison of lightning parameters deduced from ELF transients at two separate observatories*, EGU General Assembly 2006, Vienna, Austria, April 2-7, 2006., Geophysical Research Abstracts, Volume 8., SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU06-A-00701, ISSN: 1029-7006, Abstract No. EGU06-A-00701, Poszter
- Michal Ganot, Yoav Yair, Colin Price, Yosef Sherz, Baruch Ziv, Eran Greenberg, Adam Devir, Roy Yaniv, József Bór and Gabriella Satori, *Observations of Sprites and Elves Associated With Winter Thunderstorms in the Eastern Mediterranean*, AGU, San Francisco, December 11-15, 2006, Eos Trans. AGU, 87(52), Fall Meet. Suppl., Abstract AE41A-05, Szóbeli
- R. Boldi, Y. Hobara, K. Yamashita, M. Hayakawa, G. Satori, J. Bór, W. A. Lyons, B. Russell and E. Williams, *Q-Burst Origins in Africa*, AGU, San Francisco, December 11-15, 2006., Eos Trans. AGU, 87(52), Fall Meet. Suppl., Abstract No. AE53A-0281, Poszter

- G. Satori and J. Bór, *Studying parent strokes of TLEs and TGFs by Schumann resonance transients*, ASIM Science Workshop, ESTEC – ESA, Noordwijk, The Netherlands, June 26 - 27, 2006. Szóbeli
- József Bór, *Charge moments of sprite producing lightning discharges as estimated from ELF transients recorded at Nagycenk, Hungary during the EuroSprite 2005 observation campaign*, CAL Final Meeting, Copenhagen, August 24-25, 2006 Szóbeli
- Mika. Á., A. Odzimek, C.-F. Enell, E. Arnone, F. Boberg, J. Bór, M. Ignaccolo, O. Chanrion, O. Van der Velde, P. Berg, T. Neubert, S. Soula, Z. Nieckarz and the Danish team, CAL and collaborators, *Eurosprite2006*, CAL Final Meeting, Copenhagen, 24-25 August, 2006. Szóbeli
- Hobara, Y.; Williams, E.; Boldi, R.; Satori, G.; Bor, J.; Lyons, W.; Nelson, T.; Hayakawa, M.; Nathou, N.; Russel, B., *Mesoscale lightning in West African squall lines and its global detection with ELF measurements*, EGU General Assembly, Vienna, Austria, April 15-20, 2007., Geophysical Research Abstracts, Volume 9., SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2007-A-05344, ISSN: 1029-7006, Abstract No. EGU2007-A-05344, Szóbeli
- Y. Hobara, E. Williams, R. Boldi, G. Satori, J. Bór, W. Lyons, T. Nelson, M. Hayakawa, C. Price, E. Greenberg, N. Nathou, B. Russell, V. Mushtak, *Mesocale lightning in west African squall lines and its global detection with ELF measurements*, 13th International Conference of ICAE, Beijing, China, August 13-17, 2007, Extended Abstract, PS5-10, Proceedings of the 13th International Conference of ICAE, Beijing, August 13-17, 2007, Poszter
- Yoav Yair, Colin Price, Michal Ganot, Baruch Ziv, Yosef Sherz, Eran Greenberg, Adam Devir, Roy Yaniv, József Bór and Gabriella Satori, *Winter thunderstorms in the eastern mediterranean and associated transient luminous events*, 13th International Conference of ICAE, Beijing, China, August 13-17, 2007, Extended Abstract, OS7-3, Proceedings of the 13th International Conference of ICAE, Beijing, August 13-17, 2007, Szóbeli
- Y Hobara, E Williams, V Mushtak, R Boldi, M Hayakawa, K Yamashita, W Lyons, B Russell, G Satori, J Bor, C Price, E Greenberg, R Holzworth, *ELF Q-bursts from African Squall Lines*, Eos Trans. AGU (2007), 88(52), Fall Meet. Suppl. Abstract AE31A-0037, Szóbeli
- J. Bór, G. Satori and H. D. Betz, *TLE Observations in Central Europe from Hungary in 2007*, Third International Symposium on Lightning Physics and Effects, Vienna, Austria, April 14-15, 2008 Szóbeli
- J. Bór, Y. Hobara, G. Satori, M. Hayakawa and H.D. Betz, *Preliminary results of TLE observations from Hungary in 2007 supported by LINET*, EGU General Assembly 2008, Vienna, Austria, April 13-18, 2008., Geophysical Research Abstracts, Volume 10., SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2008-A-01641, ISSN: 1029-7006, Abstract No. EGU2008-A-01641, Szóbeli

- J. Bór, J. Toth, G. Sători and H.D. Betz, *Simultaneous sprite observations from Sopron, Hungary and Modra, Slovakia*, EGU General Assembly 2008, Vienna, Austria, April 13-18, 2008., Geophysical Research Abstracts, Volume 10., SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2008-A-01645, ISSN: 1029-7006, Abstract No. EGU2008-A-01645, Poszter
- J. Bór, Y. Hobara, G. Sători, M. Hayakawa and H.D. Betz, *Central European TLE observations from Hungary in 2007*, Workshop on Coupling of Thunderstorms and Lightning Discharges to Near-Earth Space, June 23-27, 2008. University of Corsica, Corte, France, Szóbeli
- J. Bór, J. Toth, G. Sători and H.D. Betz, *Advances of two site sprite observations*, Workshop on Coupling of Thunderstorms and Lightning Discharges to Near-Earth Space, June 23-27, 2008. University of Corsica, Corte, France, Poszter
- József Bór and Gabriella Sători, *Hardware development for observations of TLEs in Hungary*, Cost Action P18 Workgroup 5 meeting, June 27, 2008. University of Corsica, Corte, France, Szóbeli
- J. Bór, G. Sători and H.D. Betz, *TLE observations in central Europe from Hungary*, 3rd VERSIM Workshop ELF/VLF Radio Phenomena: generation, propagation and consequences in observations, theory and modeling, 15-20 September, 2008. Tihany, Hungary, Szóbeli
- Hobara, Y.; Williams, E. R.; Shirahata, K.; Lyons, W.; Mushtak, V.; Boldi, R.; Russell, B.; Bor, J.; Satori, G.; Price, C.; Greenberg, E.; Cummer, S.; Li, J.; Takahashi, Y.; Yamashita, K.; Hayakawa, M.; Nakamura, T.; Holzworth, R.; Asencio, N., *Sprites over Africa During the AMMA with Multiple Electromagnetic Detections of Their Parent Lightning Flashes*, Eos Trans. AGU (2008), 89(53), Fall Meet. Suppl., Abstract AE13A-0308 Poszter
- E. R. Williams, E. Downes, C-L. Kuo, A. B. Chen, R-R. Hsu, H-T. Su, J. Bor, G. Satori, W. Lyons, R. Boldi, *The Sprite Lightning Polarity Paradox, Revisited*, AGU Chapman Conference on Effects of Thunderstorms and Lightning in the Upper Atmosphere, 10–14 May 2009, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, United States, TTL-09, pp. 46-47 in Abstract Book, Poszter
- Y. Hobara, K. Shirahata, E. Williams, V. Mushtak, W. Lyons, and the AMMA ELF Team*(*The AMMA ELF Team: R. Boldi, B. Russell, J. Bor, G. Satori, C. Price, E. Greenberg, S. Cummer, Y. Takahashi, M. Hayakawa, R. Holzworth), *Sprites over Africa during the AMMA with Multiple Electromagnetic Detections of Their Parent Lightning Flashes*, EGU General Assembly 2009, Vienna, Austria, April 19-24, 2009., Geophysical Research Abstracts, Volume 11., Abstract No. EGU2009-3984-1, Szóbeli
- Earle Williams, József Bór, Cheng-Ling Kuo, Gabriella Sători, Robert Boldi, A. B. Chen, Eric Downes, R.R. Hsu, Walter A. Lyons, M. M. F. Saba and H.T. Su, *Halos: a solution to the sprite polarity paradox*, IAGA 11th Scientific Assembly, 23-30. August, 2009, Sopron, Abstract No. 201-MON-O0930-0789, Szóbeli

József Bór, Juraj Toth, Gabriella Sători, Hans-Dieter Betz, Bálint Varga and Ferenc Dombai, *Triangulation of sprites observed in Central Europe in 2007*, IAGA 11th Scientific Assembly, 23-30. August, 2009, Sopron, Abstract No. 201-MON-O0945-0270, Szóbeli

Veronika Barta, József Bór, Gabriella Sători and Hans-Dieter Betz, *Remotely controlled observations of transient luminous events in Central Europe from Sopron, Hungary in 2008*, IAGA 11th Scientific Assembly, 23-30. August, 2009, Sopron, Abstract No. 201-MON-P1700-0226, Poszter

E. Williams; C. Kuo; J. Bor; G. Satori; R. T. Newsome; R. A. Boldi; E. Downes; M. M. Saba; M. J. Taylor; A. B. Chen; W. A. Lyons, *Halo Observations from the Ground and from Space: Further Checks on the Sprite Polarity Paradox*, Eos Trans. AGU, 90(52), (2009), Fall Meet. Suppl., Abstract AE33A-0289. Poszter

Előadások magyar nyelven

Bór J., Sători G, *Schumann rezonancia (SR) tranziensek regisztrálása és vizsgálata a Széchenyi I. Geofizikai Observatóriumban*, XXIII. Ionoszféra-Magnetoszféra Szeminárium, Tihany, 2002. november 11-13. Szóbeli

Sători G, Bór J., *Villámok által keltett elektro-optikai emissziók a felső légkörben és az ionoszférában*, XXIII. Ionoszféra-Magnetoszféra Szeminárium Tihany, 2002. november 11-13., Szóbeli

Bór József, *Az MTA GGKI Széchenyi István Geofizikai Observatóriumában regisztrált Schumann rezonancia tranziensek vizsgálata és kapcsolata a felső légkör elektro-optikai emisszióival*, XXXIV. Ifjú Szakemberek Ankétja, Dobogókő, 2003. március 21-22., Szóbeli

Bór József, *Tündérek és Manók avagy Elektro-optikai emissziók a felső légkörben*, Tavasz Szél 2003., 2003. május 19-22., Sopron, poszter

Bór József, *Optikai emissziók a felső légkörben*, Földi elektromágnesség - tudományos konferencia Verő József 70. születésnapja alkalmából, Sopron, 2003. június 20-21., Szóbeli

Bór J., *Kapcsolódás a Columbia STS-107-es űrmissziójához és részvétel a EURO-SPRITES 2003 konjugált sprite kampányban*, Ifjú Szakemberek Ankétja, Sárospatak, 2004. március 19-20., Szóbeli

Bór, J.; Sători, G.; Price, C.; Greenberg, E., *Kimutatható-e a Föld-ionoszféra hullámvezető nappal-éjszaka aszimmetriája Schumann-rezonancia tranziensek segítségével?*, XXV. Ionoszféra-Magnetoszféra Szeminárium, Sopron, 2006. november 6-8., Szóbeli

Bór József, *Tündérek és manók avagy Elektro-optikai emissziók a felsőlégkörben*, TIT előadás, Sopron, 2008. április 29., Szóbeli

Bór József és Sători Gabriella, *Felsőlégtéri optikai jelenségek és megfigyelésük Magyarországról*, Pannon Tudományos Nap, Nagykanizsa, 2008. október 9., Szóbeli

Bór József, Sántori Gabriella, *Felsőlégtörri optikai jelenségek és megfigyelésük Magyarországról*, Tudomány Napja, Sopron, 2008. október 31., Szóbeli

Bór József, *Felsőlégtörri elektro-optikai emissziók megfigyelése Sopronból*, XXVI. Ionoszféra-Magnetoszféra Szeminárium, Budapest, 2008. november 24-26., Szóbeli

Barta Veronika, Bór József és Sántori Gabriella, *Felsőlégtörri elektro-optikai jelenségekkel kapcsolatos megfigyelések Sopronból*, Sopron, 2009. október 12., Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdómérnöki Kar, Kari Tudományos Konferencia, előadás, Absztrakt megjelent a "Kari Tudományos Konferencia - a konferencia előadásainak és posztereinek kivonata" c. konferencia kiadványban, szerkesztők Dr. Lakatos Ferenc és Kui Biborka, Nyugat-magyarországi Egyetem kiadó, p.44, 2009. október. 12., Szóbeli

Egyéb publikációk

Bór József, *Elektro-optikai emissziók a felső légkörben - új felfedezések nyomában*, Technika Műszaki szemle, 2004. november-december, 36.o.

Geomágneses Aeronómiai Közösség, *INTERMAGNET: globális geomágneses rendszer*, Magyar Geofizika, 46. évf. 3. szám, 111.o., 2005.

Verő József, Ádám Antal, Bencze Pál, Bór József, Koppán András, Kovács Károly, Lemperger István, Martini Dániel, Márcz Ferenc, Novák Attila, Prodán Tímea, Sántori Gabriella, Szalai Sándor, Szarka László, Wesztergom Viktor, Zieger Bertalan, *Földi elektromágnesség*, Magyar Geofizika, 47. évf. 4. szám, 166.o., 2006.

Bór József, Sántori Gabriella, Colin Price, Eran Greenberg, *Kimutatható-e a Föld-ionoszféra hullámvezető nappal-éjszaka aszimmetriája Schumann-rezonancia tranziensek segítségével?*, XXV. Ionoszféra-Magnetoszféra Szeminárium előadásainak anyagaiból, Magyar Asztronautikai Társaság, Sopron, 2007, ISSN: 0236-9338

Bór József, *Vörös lidércek észlelése Magyarországról*, hirek.csillagaszat.hu internetes hírportál, 2007. szeptember 29.
http://hirek.csillagaszat.hu/fold_es_hold/20070929_voros_liderc.html

Gabriella Sántori and József Bór, *Geodetic and Geophysical Research Institute, Sopron, Hungary*, in ICAE newsletter on Atmospheric Electricity, Research Activity by Institution, Vol. 19., No. 2., Nov, 2008.

Bór J., Sántori G., Barta V., *Felsőlégtörri elektro-optikai jelenségekkel kapcsolatos megfigyelések Sopronból*, NYME EMK Kari Tudományos Konferencia Kiadvány, szerk. Lakatos Ferenc, Kui Biborka, NYME Kiadó, Sopron, pp. 119-122, 2009.

A tézisfüzetben hivatkozott további publikációk jegyzéke

- Asano et al., 2009, T.Asano, T.Suzuki, M.Hayakawa, M.G.Cho, *Three-dimensional EM computer simulation on sprite initiation above a horizontal lightning discharge*, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 71, (2009), pp. 983–990, doi:10.1016/j.jastp.2009.04.003
- Boccippio et al., 1995, D.J. Boccippio, E.R. Williams, S.J. Heckman, W.A. Lyons, I.T. Baker and R. Boldi, *ELF transients and positive ground strokes*, Science 269, (1995), pp. 1088–1091.
- Füllekrug et al., 2006, Füllekrug, M., Mareev, E. A., and Rycroft, M. J., (editors), *Sprites, Elves and Intense Lightning Discharges*, Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on "Sprites, Elves and Intense Lightning Discharges", Corte, Corsica, France, 24-31 July 2004, NATO Science Series II: Mathematics, Physics and Chemistry, Vol. 225, 2006, XVI, 398 p., Softcover, ISBN: 978-1-4020-4628-5
- Frey et al., 2007, Frey, H. U., S. B. Mende, S. A. Cummer, J. Li, T. Adachi, H. Fukunishi, Y. Takahashi, A. B. Chen, R.-R. Hsu, H.-T. Su, and Y. S. Chang, *Halos generated by negative cloud-to-ground lightning*, Geophys. Res. Lett., 34, L18801, (2007), doi:10.1029/2007GL030908.
- Nickolaenko és Hayakawa, 2002, A.P. Nickolaenko and M. Hayakawa, *Resonances in the Earth-Ionosphere Cavity*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht–Boston–London (2002).
- Nickolaenko et al., 2010, Nickolaenko, A. P.; Hayakawa, M.; Hobara, Y., *Q-Bursts: Natural ELF Radio Transients*, Surveys in Geophysics, Volume 31, Issue 4, pp.409-425, 2010, DOI:10.1007/s10712-010-9096-9
- Price et al., 2007, Price, C., O. Pechony, E. Greenberg, *"Schumann resonances in lightning research"*. Journal of Lightning Research 1: 1– 15., (2007)
- Rakov és Uman, 2003, Rakov and Uman, 2003 V.A. Rakov and M.A. Uman, *Lightning: Physics and Effects*, Cambridge Univ. Press, New York (2003) 687pp., ISBN 0521583276 hardback
- Sátori et al. 2007, G. Sátori, M. Neska, E. Williams, J. Szendrői, *"Signatures of the day-night asymmetry of the Earth-ionosphere cavity in high time resolution Schumann resonance records"*, Radio .Sci., 42, 2007, doi:10.1029/2006RS003483
- Stenbaek-Nielsen et al., 2010, Stenbaek-Nielsen, H. C., R. Haaland, M. G. McHarg, B. A. Hensley, and T. Kanmae, *Sprite initiation altitude measured by triangulation*, J. Geophys. Res., 115, A00E12, (2010), doi:10.1029/2009JA014543.

A jelölt további, az értekezéshez közvetlenül nem kapcsolódó publikációi

Referált nemzetközi folyóiratban megjelent szakcikk

Márcz F, Horváth J, Bencze P, Sántori G, Bór J, *Simultaneous Measurements Of The Atmospheric Electric Potential Gradient At Nagycenk Observatory By Means Of Two Individual Equipments*, Acta Geod. Geoph. Hung., Vol. 36(3), pp. 269-278 (2001)

C. Price, E. Greenberg, Y. Yair, G. Sántori, J. Bór, H. Fukunishi, M. Sato, P. Israelevich, M. Moalem, A. Devir, Z. Levin, J. H. Joseph, I. Mayo, B. Ziv and A. Sternlieb, *Ground-based detection of TLE-producing intense lightning during the MEIDEX mission on board the space shuttle Columbia*, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 31, L20107, doi:10.1029/2004GL020711, 2004

E. Williams, R. Boldi, J. Bór, G. Sántori, C. Price, E. Greenberg, Y. Takahashi, K. Yamamoto, Y. Matsudo, Y. Hobara, M. Hayakawa, T. Chronis, E. Anagnostou, D. M. Smith, and L. Lopez, *Lightning flashes conducive to the production and escape of gamma radiation to space*, Journal of Geophysical Research, VOL. 111, D16209, doi:10.1029/2005JD006447, 2006

Adriena Ondrášková, József Bór, Sebastián Ševčík, Pavel Kostecký, Ladislav Rosenberg, *Peculiar transient events in the Schumann resonance band and their possible explanation*, J. Atmos. Solar-Terrest. Phys., Volume 70, Issue 6, April 2008, Pages 937-946

Oscar van der Velde, Jozsef Bor, Jingbo Li, Steven Cummer, Enrico Arnone, Ferruccio Zanotti, Martin Füllekrug, Christos Haldoupis, Samir Naitamor, Thomas Farges, *Multi-instrumental observations of a positive gigantic jet produced by a winter thunderstorm in Europe*, Submitted to Journal of Geophysical Research Atmospheres on 03. August, 2010., Status: Accepted (közlésre elfogadva)

Előadások nemzetközi konferenciákon

C. Price, Y. Yair, Z. Israelevich, E. Greenberg, Z. Levin, J.H. Joseph, G. Sántori, J. Bór, H. Fukunishi, M. Sato, M. Moalem, A. Devir, I. Mayo, B. Ziv, *Space and ground-based observations of TLEs during the MEIDEX mission on board the space shuttle Columbia*, 28th General Assembly of URSI, New-Delhi, India, 2005., Proceedings CD-ROM, Abstract No. HGE.1(0795), Szóbeli

E. Williams, R. Boldi, J. Bór and G. Sántori, C. Price and E. Greenberg, Y. Takahashi and K. Yamamoto, T. Chronis and E. Anagnostou, D. Smith, L. Lopez, *Gamma rays above thunderstorms: What lightning type is responsible?*, AGU 2005 Fall Meeting, San Francisco, 2005., Eos Trans. AGU, 86(52), Fall Meet. Suppl., Abstract AE33A-0946, Poszter

Sántori, G., I. Lemperger, J. Bór, *Modulation of the annual and semiannual areal variations of global lightning on the 11-year solar cycle*, Second International Symposium on Lightning Physics and Effects, Vienna, April 19-20, 2007, Szóbeli

Gabriella Satori, Istvan Lemperger and Jozsef Bor, *Variations of the Global Lightning on the 11-Year Solar Cycle*, XXIV. General Assmely of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), Perugia (Italy), July 2-13, 2007 (Abstract No. MS020), Poszter

Smith, D M; Dwyer, J R; Grefenstette, B W; Hazelton, B J; Yair, Y; Bor, J; Lay, E H; Holzworth, R H; *Unusual RHESSI TGFs: Electron Beams and Others*, Eos Trans. AGU (2007), 88(52), Fall Meet. Suppl. Abstract, AE31A-0051, Poszter

G. Satori, P. Bencze, F. Marcz, J. Bor, T. Nagy, *Half Century of Lightning Related Observations at Nagycenk, Hungary*, COST Action P18, 4th International Symposium on Lightning Physics and Effects, Vienna, Austria, May 25-27, 2009, No numbered abstract, Szobeli

Oscar van der Velde, Enrico Arnone, Ferruccio Zanotti, and the GJ-Italy Team* (*The GJ-Italy Team: Jozsef Bor, Gabriella Satori, Steven Cummer, Jingbo Li, Christos Haldoupis, Martin Fullekrug, Toby Whitley, Serge Soula, Samir Nait Amor, Torsten Neubert), *Multi-Instrumental Observations of a Gigantic Jet Produced by a Winter Thunderstorm in Europe*, EGU General Assembly 2010, Vienna, Austria, May 2-7, 2010. Geophysical Research Abstracts, Volume 12., Abstract No. EGU2010-13633, 2010, Szobeli

Serge Soula, Oscar van der Velde, Joan Montanya, Thomas Farges, Jozsef Bor, Martin Fullekrug, Georges Waysand, *Analysis of lightning activity and electromagnetic radiations associated with large TLEs*, EGU General Assembly 2010, Vienna, Austria, May 2-7, 2010., Geophysical Research Abstracts, Volume 12., Abstract No. EGU2010-14694, 2010, Poszter

Roy Yaniv, Yoav Yair, Colin Price, Jo'zsef Bor, Mitsuteru Sato, Yasuhide Hobara, Adam Devir, *Lightning charge-moment-change relationships with the physical and optical properties of column sprites*, EGU General Assembly 2010, Vienna, Austria, May 2-7, 2010., Geophysical Research Abstracts, Volume 12., Abstract No. EGU2010-1381, 2010, Poszter

Eloadasok magyar nyelven

Bor J., *Felsolegkori optikai emissziok megfigyelese a Columbia urrepulogep STS-107-es kuldetese soran*, XXIV. Ionoszfera-Magnetoszfera Szeminarium, Debrecen, 2004. november 11-13., nincs szamozott absztarkt, Szobeli

Egyeb publikaciok

Jozsef Bor, *Research related to atmospheric electricity in the Geodetic and Geophysical Research Institute in Hungary*, Seminar talk in Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel, 2009. October 18., Szobeli

Collier, A. B., A. R. W. Hughes, T. Neubert, G. Satori, J. Bor, C. Haldoupis and A. Mika, *The Conjugate Sprite Campaign: A Potential North-South Collaborative Project for the International Heliophysical Year*, South African Science magazine African Skies, No. 10, ISSN 10278389, 2006. October, <http://www.sao.ac.za/~wgssa/archive/as10/asca10.pdf>