

Nyugat-magyarországi Egyetem
Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola
Geokörnyezettudományi Program

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**A ZIVATAROK ÉS AZ ALSÓ IONOSZFÉRA KÖZÖTTI
CSATOLÁSI MECHANIZMUSOK VIZSGÁLATA**

Barta Veronika

Témavezető:
Dr. Sátori Gabriella

Sopron

2015

ELŐZMÉNYEK

Hétköznapi életünkben egyre jelentősebb szerepet játszanak a modern technológiai rendszerek, így a Föld körüli térség megismerése, fizikai folyamatainak pontos megértése napról napra fontosabbá válik. A műholdas helymeghatározás, kommunikáció és a rádió-asztronómia területén megkövetelt pontosság sok esetben meghaladja az ionoszféra irregularitások jelterjedésre tett hatását, ezért az ionoszféra monitorozása, a benne létrejövő anomáliák pontosabb ismerete elkerülhetetlen. A doktori munka tárgya a zivatarok hatására az alsó ionoszférában bekövetkező változások vizsgálata.

A troposzférában kialakuló zivatarok és az ionoszféra között alapvetően két eltérő csatolási mechanizmust különböztethetünk meg: elektrodinamikai csatolás a zivatar és a benne létrejövő intenzív villámkisülésekhez kapcsolódó elektrosztatikus és elektromágneses téren keresztül, amelynek látványos következményei az ún. felsőlégköri elektro-optikai emissziók (vörös lidérc, gyűrű lidérc), valamint mechanikai csatolás a meteorológiai folyamatok keltette és a semleges légkörben felfelé terjedő hullámok által. A zivatarok és az alsó ionoszféra közötti csatolási mechanizmusokra vonatkozó ismereteink hiányosak. Az észlelési technikák (VLF frekvenciasávban történő szondázás, villámok rádiójelének visszaverődése) korlátozottsága miatt a szakirodalomban ismert vizsgálatok nagy része csak a zivatarok ionoszféra legalsó tartományára (< 85 km) gyakorolt hatását tárgyalja (Inan et al., 2010), (Toledo-Redondo et al., 2012). Másrészt ezek a vizsgálatok gyakran csak néhány esetre korlátozódnak és nem egy hosszantartó megfigyelési sorozat eredményei (Mika et al., 2006), (Haldoupis et al., 2012), (Shao et al., 2013). Az e fölötti (> 90 km) magasságtartományra vonatkozóan csak néhány vizsgálat eredményét ismerjük, melyek mind egy típusú statisztikai módszer, az ún. szuperponált időszakok analizésének alkalmazásához kapcsolódnak (Davis et al., 2005), (Kumar et al., 2009). A szakirodalomból ismert további kutatások jó része pedig csak a zivatarok és az ionoszféra közötti mechanikai csatolási mechanizmusokat foglalja magába (Blanc, 1985), (Lastovicka, 2006),

(Sindelarova et al., 2009). A zivatarok és alsó ionoszféra kapcsolatának pontosabb megértéséhez egy komplex, mind a mechanikai, mind pedig az elektrodinamikai csatolási mechanizmusokra kiterjedő vizsgálat szükséges.

KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

A doktori munka célja a zivatar tevékenységhez kapcsolódó troposzféra-ionoszféra csatolási mechanizmusok komplex vizsgálata, a zivatar hatására az ionoszférában létrejövő perturbációk megismerése, a folyamatok fizikai hátterének mélyebb megértése. A vizsgálatok a 90-120 km-es magasságtartományban bekövetkező változásokra fókuszálnak, mivel az eddigi tanulmányok főként a 85 km alatti térségre koncentráltak. Erről a magasságtartományról ionoszondázás segítségével kaphatunk információt. A jelölt a doktori dolgozatban különböző statisztikai módszerek felhasználásával, valamint esettanulmányokon keresztül tanulmányozza a zivatarok és az alsó ionoszféra közötti csatolási mechanizmusokat a mediterrán (Róma) és a közép-európai (Prága, Sopron) térségben. A vizsgálatok során különböző villámfigyelő hálózatok (WWLLN, LINET), több ionoszonda állomás (Róma, Pruhonice, Nagycenk), és a Nyugat-Csehországban található Doppler-eltolódáson alapuló mérőhálózat adatait használja fel.

ELVÉGZETT FELADATOK

A jelölt doktori munkája két részre tagolható, statisztikai vizsgálatokra és esettanulmányokra:

STATISZTIKAI VIZSGÁLATOK

- Az első statisztikai elemzés során villám adatok, valamint infravörös térképek segítségével 2009 napjait 2 csoportba osztotta: zivataros napokra, valamint szép idő napokra, és a két időszakban vizsgálta a szporadikus E réteg kialakulását, és tulajdonságait. A vizsgálat során WWLLN villámadatokat, METEOSAT-9 műhold által készített infravörös térképeket,

valamint a római ionoszonda állomás (41,9° É, 12,5° K) AIS szondája által óránként mért kritikus frekvencia (foEs) és látszólagos magasság (h'Es) adatokat használta fel.

- A második elemzés során a szuperponált időszakok módszerének segítségével vizsgálta a troposzféra-alsó ionoszféra csatolási mechanizmust a mediterrán térségben 2009-ben mért szporadikus E réteg (kritikus frekvencia, látszólagos magasság), valamint villám adatok segítségével. A vizsgálat során a római ionoszféra szondázó állomás (41,9° É, 12,5° K) AIS szondája által óránként mért kritikus frekvencia (foEs) és látszólagos magasság (h'Es) adatokat, valamint a WWLLN (World Wide Lightning Location Network) villámmegfigyelő hálózat 2009-ben a római ionoszondázó állomás 200 km-es környezetében mért összes villám (37096) adatai kerültek felhasználásra.

Ennek a módszernek az alkalmazásával a ~ 37000 villám ionoszférára gyakorolt egyesített hatását lehet vizsgálni, azaz egy virtuális szupervihar modellezéséről van szó. A vizsgálatok során a kritikus frekvencia, illetve a látszólagos magasság mesterséges zivatar előtti, illetve utáni időszakokban észlelt átlagos értékét hasonlította össze.

- A harmadik statisztikai elemzés során a zivatar aktivitása és az alsó ionoszféra közötti kapcsolat erősségét a korrelációs számítás segítségével vizsgálta a jelölt. A vizsgálat során a pruhonicei ionoszféra állomás (50° É, 14,5° K) DPS-4D digiszondája által negyedóránként mért ionoszféra paramétereket (f_{min} , foEs, fbEs), valamint a LINET európai villámmegfigyelő hálózat által a szondázó állomás 200 km-es környezetében 2009 nyarán észlelt villám adatokat használta fel. A zivatar aktivitása a negyedóránként bekövetkező villámkisülések számával lett definiálva.

Először a 2009 nyarán észlelt 10 legintenzívebb zivatarra végezte el a jelölt a korrelációs számítást. Ezen zivatarak legaktívabb időszakában a villámszám meghaladta az 550 villám/negyedórát. Az analízis során összehasonlította a villámszámot az ionoszférikus paraméterek 10 napra vonatkoztatott átlagtól való eltéréseivel (Δf_{min} , $\Delta foEs$, $\Delta fbEs$),

kirajzolta a változók pontfelhő diagramját, és meghatározta a villámszám és az egyes ionoszférikus paraméterek átlagától való eltérésének lineáris korrelációs együtthatóját.

A korrelációs számítás külön éjszakai zivatarokra is megtörtént. 2009. május 8. és szeptember 30. között 7 olyan zivatar volt, amelynek maximális villámszáma meghaladta a 100 villám/negyedórát az éjszakai időszakban.

- A negyedik statisztikai elemzés során, a 2009 nyarán (május 8. - szeptember 30.) észlelt ionoszférikus paraméterek (f_{min} , f_oE_s , f_bE_s , $h'E_s$) valamint a LINET villám adatokból származtatott villámszám (negyedóránkénti villámok száma) spektrális analízisét végezte el a jelölt a két idősor legjellemzőbb periódusainak vizsgálata céljából. A vizsgálat során a pruhonicei ionoszféra állomás (50° É, $14,5^\circ$ K) DPS-4D digiszondája által negyedóránként mért ionoszféra paramétereket (f_{min} , f_oE_s , f_bE_s , $h'E_s$), valamint a LINET európai villámmegfigyelő hálózat által a szondázó állomás 200 km-es környezetében észlelt villám adatokat használta fel. Az idősorok spektrális analíziséhez a Fourier-transzformációt (FFT) alkalmazta a MATLAB programcsomag segítségével.

ESETTANULMÁNYOK

A szakirodalom alapján az egyedi villámkiülések következtében az ionoszférában létrejövő leghosszabb változások időtartama 20-40 perc (Haldoupis et al., 2012). Általában az ionoszondázó berendezések maximum negyedórás felbontásban adnak információt az ionoszféra állapotáról ezért szükséges volt a zivatarok és az alsó ionoszféra közötti elektrodinamikai csatolási mechanizmusok sűrűbb mintavételezésű kampánymérésekkel történő vizsgálata.

Három kampánymérés adatait használta fel a jelölt az esettanulmányokhoz, melyek során a negyedórás, félórás standard mintavételezés helyett percenként, illetve két percenként készültek ionogramok. A zivataros időszakban az ionoszondákkal elvégzett sűrű mintavételezésű kampánymérések egyedülállóak a maguk nemében, a zivatarvékenységhez kapcsolódó ilyen jellegű vizsgálatok még nem történtek a szakirodalom alapján.

A Csehország nyugati felében kiépített Doppler-eltolódáson alapuló észlelési hálózat segítségével a zivatarok és az ionoszféra közötti mechanikai csatolást lehet tanulmányozni. A sűrűbb mintavételezésű ionoszférikus paraméterek, és a Doppler mérőhálózat adatainak együttes analizisével így mindkét csatolási mechanizmus hatása vizsgálható.

Az átvonuló zivatarokhoz kapcsolódó kampánymérések helye és időpontja:

- I. esettanulmány: Pruhonice, Csehország, 2013. 05. 29., 10:00-16:00
- II. esettanulmány: Pruhonice, Csehország, 2013. 06. 20., 18:00-24:00
- III. esettanulmány: Nagycenk, Magyarország, 2014. 07. 30., 11:00-24:00

Az első két esettanulmány során a pruhonicei ionoszféra állomás (50° É, $14,5^{\circ}$ K) DPS-4D digiszondája által percnként mért ionoszféra paramétereket (f_{min} , f_{oEs} , f_{bEs}) és a nyugat-csehországi Doppler megfigyelő hálózat adatait használta fel. A harmadik esettanulmány során a nagycenki ionoszféra állomás ($47,63^{\circ}$ É, $16,72^{\circ}$ K) VISRC-2 ionoszondája által 2 percnként mért ionoszféra paraméterek (f_{min} , f_{oEs} , f_{bEs}) lettek felhasználva. Továbbá mindhárom esettanulmánynál a LINET európai villámmegfigyelő hálózat által a szondázó állomás 200 km-es környezetében aznap észlelt villám adatokat vizsgálta.

2013. 06. 20-ai zivatar fölött este 20:17 és 22:02 között 30 vörös lidércet sikerült megfigyelni Sopronból, míg 2014. 07. 30-án 20:00 és 23:30 között 25 vörös lidércet figyeltek meg a Nydek-ben (Csehország) felállított kamerával.

SAJÁT KUTATÁSI EREDMÉNYEK

A jelölt doktori munkájának eredményei az alábbi tézisekben foglalhatóak össze:

1. A szporadikus E réteg kialakulásának gyakoriságában, valamint tulajdonságainak (foEs, h'Es) változásában nem talált statisztikailag szignifikáns eltérést a jelölt a zivataros és a szép idő időszakok között. Ez alapján megállapította, hogy a zivatar jelenléte nem befolyásolja számottevően a szporadikus E réteg kialakulását, illetve viselkedését.
2. A jelölt az foEs statisztikailag szignifikáns csökkenését mutatta ki a szuperponált időszakok módszerével a virtuális zivatart követő és a zivatar előtti időszakok átlagának összehasonlítása alapján. Ez a villámokhoz, mint a zivatar nyomjelzőihez köthető elektronsűrűség csökkenés jele a szporadikus E rétegben. A vizsgálataival igazolta, hogy a réteg látszólagos magassága nem mutat statisztikailag szignifikáns változást.
 - a. A külön a négy évszakra elvégzett szuperponált epochák analízise alapján kimutatta, hogy az foEs-ben jelentkező csökkenés csak az őszi időszakban statisztikailag szignifikáns. Éves eloszlást tekintve az egy hónapban bekövetkező villámkisülések száma ősszel maximális a mediterrán térségben, így ebben az időszakban várható a legjelentősebb hatása a zivataroknak a szporadikus E rétegre.
 - b. A nappali és éjszakai zivatarokra elvégezve a vizsgálatot először bizonyította, hogy a szporadikus E réteg elektronsűrűségének szignifikáns csökkenése csak az éjszakai zivatarokra jellemző.
3. A korrelációs számítás segítségével 519 mintát megvizsgálva demonstrálta, hogy szignifikáns kapcsolat nem mutatható ki a zivataraktivitás és az ionoszférikus paraméterek zivatarmentes napok átlagától való eltérése között. További 134, csak éjszakai minta analízisével megmutatta, hogy a zivataraktivitás és az ionoszféra paraméterek átlagtól való eltéréseinek kapcsolata az

éjszakai esetben sem szignifikáns az alkalmazott módszer esetében.

4. A jelölt elsőként szervezett olyan mérési kampányokat, amelyben a megfigyelési rendszerek (LINET villámfigyelő hálózat, sűrűbb mintavételezésű ionoszondázási adatok, Doppler eltolódáson alapuló megfigyelő hálózat) együttes használatával lehetővé vált egyedi eseményeken keresztül mind a mechanikai, mind az elektrodinamikai csatolási mechanizmusok komplex fizikai vizsgálata.
 - a. 55 esemény egyedi vizsgálata alapján először figyelte meg, hogy elektro-optikai emisszióval járó villámkísülést az esetek túlnyomó többségében, 70-80 %-ban az f_{min} paraméter 1-3 percig tartó megemelkedése követ.
 - b. A megfigyelési kampány technikai körülményei által lehetővé tett mindkét zivataridőszak esetében vizsgálta a jelölt a szporadikus E réteg elektronsűrűségében beálló változást és ennek eredményeként egyedi események közvetlen megfigyelésével is alátámasztotta, hogy a szporadikus E réteg elektronsűrűsége lecsökken a zivatar során.

AZ ÉRTEKEZÉS EREDMÉNYEINEK HASZNOSULÁSA

A dolgozat eredményei segítenek a zivatarok és az ionoszféra közötti csatolási mechanizmusok teljesebb megértésében, illetve hozzájárulhatnak a zivatar (villámaktivitás) alsó ionoszférára gyakorolt hatását leíró modellek pontosításához, ezáltal a műholdas kommunikáció és a GPS által történő helymeghatározás finomításához.

A zivatartevékenység jó indikátora a globális éghajlatváltozásnak, mivel keletkezésük, intenzitásuk érzékenyen reagál akár kis hőmérsékletváltozásra (néhány tized C°) is. Ezért a csatolási folyamatok tulajdonságai is változhatnak az éghajlatváltozás függvényében. A bonyolult csatolási és visszacsatolási mechanizmusok megismerése hozzájárulhat a globális éghajlati modellek javításához is.

A DOLGOZAT TÉMÁJÁVAL KAPCSOLATOS PUBLIKÁCIÓK

SCI FOLYÓIRATCIKKEK

G. Sători, M. Rycroft, P. Bencze, F. Márcz, J. Bór, V. Barta, T. Nagy, K. Kovács, *An Overview of Thunderstorm-Related Research on the Atmospheric Electric Field, Schumann Resonances, Sprites, and the Ionosphere at Sopron, Hungary*, *Surv Geophys* (2013) 34:255–292, DOI 10.1007/s10712-013-9222-6

V. Barta, C. Scotto, M. Pietrella, V. Sgrigna, L. Conti, and G. Sători, *A statistical analysis on the relationship between thunderstorms and the sporadic E Layer over Rome*, *Astron.Nachr. /AN* 334, No. 9, 968 – 971 (2013) /DOI 10.1002/asna.201211972

V. Barta, M. Pietrella, C. Scotto, P. Bencze, G. Sători, *Thunderstorm-related variations in the sporadic E layer around Rome*, *ACTA GEODAEITICA ET GEOPHYSICA*, 49: (4) (2014) (ISSN: 2213-5812) (eISSN: 2213-5820), DOI 10.1007/s40328-015-0098-4.

NEMZETKÖZI KIADVÁNYOKBAN MEGJELENT SZAKCIKKEK

V. Barta, C. Scotto, M. Pietrella, V. Sgrigna, G. Sători, L. Conti, *A statistical analysis on the relationship between thunderstorms and Sporadic E Layer over Rome*, TEA-IS (Thunderstorm Effects on the Atmosphere-Ionosphere System) Summer School, Jun. 17-22, 2012, Torremolinos, Malaga, Spain, Scientific Programme Book, p. 110 – 111.

J. Bór, V. Barta, G. Sători, *The TLE observation site in Sopron, Hungary – an overview*, In: 1st TEA-IS SUMMER SCHOOL - SCIENTIFIC PROGRAMME. 166 p.

V. Barta, D. Buresova, J. Chum, G. Satori, J. Bor, P. Bencze, H. D. Betz, *Thunderstorm - lower ionosphere relationship as shown by ionograms recorded at Prubonice in two summer campaigns of 2013*, 2nd TEA-IS Summer School. Konferencia helye, ideje: Collioure, Franciaország, 2014.06.23-2014.06.27. 2014. Paper Thursday 26 June 14:15. 2 p.

Gabriella Satori, Vadim Mushtak, Earle Williams, Colin Price, Veronika Barta, *Impact of the extraordinary solar activity of October/November 2003 on the upper boundary of the Earth - ionosphere cavity resonator*, In: XV. International Conference on Atmospheric Electricity. Konferencia helye, ideje: Oklahoma City, Amerikai Egyesult allamok, 2014.06.15-2014.06.20. Paper 244.

MAGYAR NYELVU FOLYIRATOKBAN MEGJELENT SZAKCIKKEK

Bor J., Barta V., *Vörös lidércek – gigantikus „tuzjatek” a felsőlégkörben*, FIZIKAI SZEMLE 61:(10) pp. 343-349. (2011)

Barta V., *Káprázatos jelenségek a viharfelbok fölött*, TERMÉSZET VILÁGA 142:(7) pp. 310-312. (2011)

Satori G., Bor J., Barta V., Nagy T., Kovács K., *A Föld–ionoszféra üregrezonátor*, MAGYAR GEOFIZIKA 53:(3) pp. 204-214. (2012)

MAGYAR NYELVŰ KIADVÁNYOKBAN MEGJELENT SZAKCIKKEK

Bor J., Satori G., Barta V., *Felsolegkori elektro-optikai jelenségekkel kapcsolatos megfigyelések Sopronból*, In: Lakatos F, Kui B (szerk.) Nyugat-magyarorsazgi Egyetem Erdőmérnöki Kar. Kari Tudományos Konferencia kiadványa. 340 p.

Barta V., *Légköri elektromos jelenségek Naprendszeriink egitestjein*, In: Szarka László (szerk.), XII. Orsagos Felsőoktatási Kornyezzettudomanyi Diákkonferencia, Konferencia-kötet (Program

és előadás összefoglalók). Konferencia helye, ideje: Sopron, Magyarország, 2010.04.06-2010.04.07. Sopron: Nyugat-Magyarországi Egyetem, 2010. pp. 72. (ISBN:[978-963-9883-50-5](#))

Barta V., Scotto C., Pietrella M., Sgrigna V., Sántori G., *A zivatarok és a szporadikus E réteg kapcsolatának vizsgálata Róma környezetében*, In: Jurecska L, Kiss Á (szerk.), Környezettudományi Doktori Iskolák Konferenciája 2012. 253 p., Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2012.08.30-2012.08.31. Budapest: Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2012. pp. 20-28. (ISBN:[978-963-284-242-4](#))

Bór József, Barta Veronika, Sántori Gabriella, *Szemelvények a felsőlégköri elektro-optikai emissziókkal kapcsolatos kutatások utóbbi eredményeiből*, ASZTRONAUTIKAI TÁJÉKOZTATÓ 64: pp. 91-95. (2013)

Barta V., *A szporadikus E réteg zivatarvékenységhez köthető változásai*, In: Keresztes Gábor (szerk.), Tavaszi Szél, 2013: Spring wind, 2013. 659 p. Konferencia helye, ideje: Sopron, Magyarország, 2013.05.31-2013.06.02. Budapest: Doktoranduszok Országos Szövetsége, 2013. pp. 163-169. 1-2. kötet. (ISBN:[978-963-89560-2-6](#))

PREZENTÁCIÓK NEMZETKÖZI KONFERENCIÁKON

Barta V., Bór J., Sántori G., Betz H. D., *Remotely controlled observations of transient luminous events in Central Europe from Sopron, Hungary in 2008.*, In: Szarka L (szerk.), Our Magnetic Planet Moving in Space. IAGA 11th Scientific Assembly: Abstract Book. Konferencia helye, ideje: Sopron, Magyarország, 2009.08.23-2009.08.30. Sopron: Geodetic and Geophysical Research Institute of the HAS, Paper 201-MON-P1700-0226.

Sántori G., Bór J., Barta V., Nagy T., Kovács K., *Lightning and thunderstorm related observations at Nagyecnek Observatory and in Sopron,*

Hungary – Proposals of GGRI, HAS group for the TEA-IS project, Workshop TEA-IS: Thunderstorm Effects on the Atmosphere-Ionosphere System, Oct. 10-14, 2011, Lorentz Center, Leiden, the Netherlands (2011)

Bór J., Barta V., Nagy T., Sători G., *TLE related research initiatives utilizing the corresponding measurements and observations in Hungary. Selected proposals of GGRI, HAS group for the TEA-IS project, Workshop TEA-IS: Thunderstorm Effects on the Atmosphere-Ionosphere System, Oct. 10-14, 2011, Lorentz Center, Leiden, the Netherlands (2011)*

Barta V., *Observation of sprites above Central Europe from Sopron, Hungary, In: ICPS Conference Handbook: XXVI. International Conference of Physics Students. Konferencia helye, ideje: Sopron, Magyarország, 2011.08.11-2011.08.18. Sopron: p. 37.*

Barta V., Bór J., Sători G., *Morphology of Sprites Observed Above Central Europe During Three Consecutive Summers, IUGG 2011 General Assembly Earth on the Edge: Science for a Sustainable Planet, Melbourne, 28 June - 7 July 2011 (2011)*

Barta V., Bór J., Sători G., *Classification of sprites observed in Central Europe between 2007 and 2009, GEOPHYSICAL RESEARCH ABSTRACTS 13: Paper EGU2011-6556. (2011)*

Sători G., Mushtak V., Neska M., Nagy T., Barta V., *Global lightning dynamics deduced from Schumann resonance frequency variations at two sites ~ 550 km apart, GEOPHYSICAL RESEARCH ABSTRACTS 2012: Paper Abstract No. EGU2012-10647. (2012)*

V. Barta, C. Scotto, M. Pietrella, V. Sgrigna, G. Sători, L. Conti, *A statistical analysis on the relationship between thunderstorms and Sporadic E Layer over Rome, 6th Workshop of Young Researchers in Astronomy and Astrophysics, Budapest, 2009 szeptember 3-6. (2012)*

Barta Veronika, Carlo Scotto, Marco Pietrella, *Thunderstorm related variations of the ionospheric sporadic E layer over Rome*, GEOPHYSICAL RESEARCH ABSTRACTS 15: Paper EGU2013-10617. (2013)

Veronika Barta, Dalia Buresova, Jaroslav Chum, József Bór, Gabriella Sători
Studying thunderstorm-ionosphere relationships by ionograms recorded at Pruhonice in two summer campaigns of 2013, GEOPHYSICAL RESEARCH ABSTRACTS 16: Paper EGU2014-618-1. (2014)

Joana Barragan, Veronika Barta, Louis-Jerome Burtz, Vlad Constantinescu, Maria Fernandez Jimenez, Barbara Frasl, Antonio Gurciullo, Stefan Hofmeister, Marta Oliveira, Csilla Orgel, Katherine Ostojic, Nina Sejkora, Paul Magnus Sørensen-Clark, Iris van Zelst, *Aphrodite Mission.: Green Team*, Summerschool Alpbach 2014, 10 p., Report (2014)

Gabriella Satori, Vadim Mushtak, Earl e Williams, Colin Price, Veronika Barta, *Variations of Schumann resonance frequencies at the extraordinary solar activity of October/November 2003*, GEOPHYSICAL RESEARCH ABSTRACTS 16: Paper EGU2014-8790. (2014)

ELŐADÁSOK MAGYAR NYELVEN

Barta V., Bór J., és Sători G., *Felsőléggöri elektro-optikai jelenségekkel kapcsolatos megfigyelések Sopronból*, Sopron, 2009. október 12., Nyugatmagyarországi Egyetem, Erdőmérnöki 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

Barta V., *Atmospheric phenomena on the planets of the solar system. Légköri elektromos jelenségek Naprendszerünk égitestjein.*, In: Ifjú Szakemberek Ankétja, Keszthely. 79 p., Konferencia helye, ideje: Keszthely, Magyarország, 2009.03.27-2009.03.28. Magyar Geofizikusok Egyesülete, pp. 24-25., Szóbeli

Igaz A., Barta V., Bór J., Sători G., Perkó Zs., Gazdag A., Betz H-D., *Vörös lidérc szimultán észlelése Magyarország fölött az IMO becsbehelyi és a GGKI soproni*

állomásáról, XXVII. Ionoszféra- és Magnetoszférafizikai Szeminárium, Baja, 2010. október 14-16. (2010), Poszter

Barta V., Bór J., Sátori G., *Felsőléggörri elektro-optikai emissziók és megfigyelésük Magyarországról*, Közép-Európai Léggörroptikai Konferencia, Közép-Európai Léggörroptikai Konferencia, Baja, 2010. szeptember 9-11 (2010), Szóbeli

Barta V., Bór J., Sátori G., *Felsőléggörri elektro-optikai jelenségekkel kapcsolatos megfigyelések Sopronból*, HUNGEO, Magyar Földtudományi Szakemberek X. világtalálkozója, 2010, augusztus 14-19., Szombathely, azonosító: D7 (2010), Szóbeli

Barta V., Sátori G., *Sopronból észlelt léggörri optikai emissziók Közép-Európa felett 2007 és 2009 között*, Tudományos Doktorandusz konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, Sopron, 2011. április 13. (2011), Szóbeli

Barta V., Bór J., Sátori G., *Classification of sprites observed in Central Europe between 2007 and 2009*, p. 42. p., Ifjú Szakemberek Ankétja, Győr, 25-26. March, 2011 (2011), Szóbeli

Barta Veronika, *A zivatarok keltette léggörri gravitációs hullámok hatása az ionoszférára*, Környezeti problémák a Kárpát-medencében II. konferencia, Pécs, 2012.11.30. (2012), Szóbeli

Barta V., Sátori G., Bencze P., *Coupling between thunderstorms and ionosphere*, In: XLIII. Ifjú Szakemberek Ankétja: XLIII. Meeting of Young Geoscientists. Konferencia helye, ideje: Tatabánya, Magyarország, 2012.03.30-2012.03.31. p. 37., Poszter

Barta V., Scotto C., Pietrella M., Sátori G., *Two different statistical analyses on the relationship between thunderstorms and Sporadic E Layer over Rome*, In: XLIV. Ifjú Szakemberek Ankétja / XLIV. Meeting of Young Geoscientists. Konferencia helye, ideje: Békéscsaba, Magyarország, 2013.04.05-2013.04.06. Békéscsaba: p. 32., Poszter

Barta V., *A zivatarok és az ionoszféra sporadikus E rétege közötti kapcsolat vizsgálata*, In: Koltai János (szerk.), *A fizikus doktoranduszok konferenciája*. Konferencia helye, ideje: Balatonfenyves, Magyarország, 2013.06.21-2013.06.23. Budapest: Eötvös Loránd Fizikai Társulat, p. 6., Szóbeli

A TÉZISFÜZETBEN HIVATKOZOTT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

E. Blanc. *Observations in the upper atmosphere of infrasonic waves from natural or artificial sources: a summary*. Annales Geophysicae, 3:673-688, 1985.

C. J. Davis and C. G. Johnson. *Lightning-induced intensification of the ionospheric sporadic E layer*. Nature, 435: 799-801, 2005.

C. Haldoupis, M. Cohen, B. Cotts, E. Arnone, and Inan U. *Long-lasting δ -region ionospheric modifications, caused by intense lightning in association with elve and sprite pairs*. Geophysical Research Letters, 39: L16801, 2012.

U. S. Inan, S. A. Cummer, and R. A. Marshall. *A survey of ELF/VLF research of lightning-ionosphere interactions and causative discharges*. Journal of Geophysical Research, 115: A00E36, 2010.

J. Lastovicka. *Forcing of the ionosphere by waves from below*. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 68: 479-497, 2006.

A. Mika, C. Haldoupis, T. Neubert, R. R. Su, H. T. Hsu, R. J. Steiner, and R. A. Marshall. *Early VLF perturbations observed in association with elves*. Ann. Geophys., 24: 2179-2189., 2006.

X-M. Shao, E. H. Lay, and A. R. Jacobson. *Reduction of electron density in the nighttime lower ionosphere in response to a thunderstorm*. Nature Geoscience, 6:29-33, 2013.

T. Sindelarova, D. Buresova, J. Chum, and F. Hruska. *Doppler observations of infrasonic waves of meteorological origin at ionospheric heights*. Advances in Space Research, 43: 1644-1651, 2009.

S. Toledo-Redondo, M. Parrot, and A. Salinas. *Variation of the first cut-off frequency of the earth-ionosphere waveguide observed by DEMETER*. Journal of Geophysical Research, 117: A04321, 2012.

