

# MAGYAR ŰRKUTATÁSI FÓRUM 2021

AZ ELŐADÁSOK ÖSSZEFOGLALÓI

BUDAPEST, 2021. SZEPTEMBER 29. – OKTÓBER 1.



**ISBN:** 978-963-7367-28-1

### **Szerkesztette**

Bacsárdi László, Hirn Attila, Strádi Andrea, Wesztergom Viktor

### **Programbizottság**

Almár Iván  
Bacsárdi László (társelnök)  
Csurgai-Horváth László  
Földváry Lóránt  
Hirn Attila (társelnök)  
Horvai Ferenc  
Kiss László  
Lichtenberger János  
Németh Zoltán  
Szűcs Eszter  
Wesztergom Viktor (társelnök)

### **Helyi szervezőbizottság**

Hirn Attila (koordinátor)  
Baranyai Anna  
Katona Viktória  
Kovács Zsuzsanna (EK)  
Kovács Zsuzsanna (REMRED Kft.)  
Makkai Hunor  
Strádi Andrea

### **Kiadja**

a Magyar Asztronautikai Társaság  
1044 Budapest, Ipari park u. 10.  
[www.mant.hu](http://www.mant.hu)  
Budapest, 2021

### **Felelős kiadó**

Arnócz István (főtitkár)

Minden jog fenntartva.

A kiadvány még részleteiben sem sokszorosítható, semmilyen módon nem tehető közzé elektronikus, mechanikai, fotómásolati terjesztéssel a kiadó előzetes írásos engedélye nélkül.

Borítókép: ESA/A. Baker, CC BY-SA 3.0 IGO

# Köszöntő

A Magyar Űrkutatási Fórum 2021 konferenciát a Magyar Asztronautikai Társaság (MANT), az ELKH Energiatudományi Kutatóközpont és az ELKH Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet közös kezdeményezésére rendezik, a házigazda az Energiatudományi Kutatóközpont. Ezzel folytatódik a legrégebb hagyományokkal rendelkező hazai űrkutatási szakmai-tudományos rendezvények sorozata, amelynek története egészen 1972-ig nyúlik vissza, amikor az első Ionoszféra- és Magnetoszférafizikai Szemináriumot rendezték. Az idei a 32., de a rendezvény 2015 óta Magyar Űrkutatási Fórum nevet viseli.

A konferencia széles körű bemutatkozási lehetőséget teremt a magyar űrkutatás és az űripar szereplőit, egyetemi hallgatók, doktoranduszok számára. Fórumot biztosít az űrkutatáshoz, űrtevékenységhez kapcsolódó tudományterületeken, műszaki fejlesztésekben elért friss hazai eredmények bemutatására, megvitatására. Elősegíti a véleménycserét, a meglévő szakmai kapcsolatok erősítését, új együttműködések kialakítását a hazai űrkutató közösségen belül.

Napjainkban újult erőre kapott világszerte és Magyarországon is az űrtevékenység. Hazánk 2015 óta teljes jogú tagja az Európai Űrügynökségnek, a szakterület kiemelt kormányzati figyelmet élvez, és idén augusztusban fogadta el a Kormány a Magyarország űrstratégiájáról szóló dokumentumot. A rendezvény kiemelt nyitóelőadását is erről tartja Ferencz Orsolya, a Külgazdasági és Külügyminisztérium űrkutatásért felelős miniszteri biztosa.

A közel 40 szakmai előadás mellett poszterbemutatók is lesznek. A témák rendkívül sokszínű kínálatában szerepelnek többek közt hazai űrműszer-fejlesztések, a Föld körüli térség és a felsőlégkör fizikája, űrcsillagászat, világűrjog, gyógyszerkutatás a súlytalanságban,

műholdas földmegfigyelés, kvantumkommunikáció. További kiemelt előadások foglalkoznak az első magyar asztrofizikai műhoddal és a hazai fejlesztésű RadMag rendszer szintén ebben az évben Föld körüli pályára jutott kísérleti sugárásmérő műszerével. A szakmai előadások és poszterek mellett a konferencia programjában két kerekasztal-beszélgetést is terveznek, a következő évek űripari kihívásairól és a tervezett magyar űrhajósprogram tudományos kísérleteiről.

A szervezést a konferencia programbizottsága (Almár Iván, Bacsárdi László, Csurgai-Horváth László, Földváry Lóránt, Hirn Attila, Horvai Ferenc, Kiss László, Lichtenberger János, Németh Zoltán, Szűcs Eszter, Wesztergom Viktor), másrészt az Energiatudományi Kutatóközpont helyi szervezőbizottság segítette. Fáradhatatlan munkájukat ezúton is köszönjük!

## A programbizottság társelnökei

**Bacsárdi László**

alelnök

Magyar Asztronautikai Társaság



**Wesztergom Viktor**

igazgató

Földfizikai és Űrtudományi  
Kutatóintézet



**Hirn Attila**

laboratórium vezető

Energiatudományi Kutatóközpont



Budapest, 2021. szeptember 29.

# Tartalomjegyzék

<b>Köszöntő</b> .....	2
<b>A konferencia programja</b> .....	6
<b>A konferencia előadásainak összefoglalói</b> .....	13
Magyar részvétel az ESA JUICE projektjében, tápegység fejlesztése a Jupiter Jeges holdjai kutatásában .....	14
Statisztikus plazmaszféra-modell kifejlesztése gépi tanulással módszerrel .....	15
Plazmavályúk vizsgálata földi és műholdas mérésekkel .....	16
Napciklus időskálán bekövetkező változások a Föld-ionoszféra üregrezonátor tulajdonságaiban .....	17
A Szaturnusz magnetoszféra mágneses szerkezete .....	18
Új horizontok: a Neptunuszon túli vidék kutatása célzott missziókkal .....	19
Intenzív zivatarzóna lokális hatása a felső ionoszférában.....	20
Mágneses irregularitási zónák az ionoszférában; A Swarm misszió több éves regisztrátumának elemzése .....	21
Források és időszinkronizáció szabadtéri kvantumkommunikációhoz .....	22
Kemo-hidrodinamikai mintázatok mikrogravitációban .....	23
lonnyaláb 3D vezérlése gépi tanulóval .....	24
A földi magnetoszféra egy év hosszú magnetohidrodinamikai szimulációjának összehasonlítása Cluster mérésekkel.....	25
A Naprendszer különböző bolygóinak környezetében észlelt SLAMS események összehasonlító vizsgálata .....	27
A világűr felhasználásának szabályozásra váró kérdései.....	28
Kárpátalja regionális léptékű felszín deformációjának monitorozása InSAR technológiával.....	29
Alumínium alapú elektrokémiai cellák .....	30
COVID-19 elleni küzdelem és gyógyszerkutatási lehetőségek az űrben .....	31
A plazmaszférát leíró termékek kifejlesztése űridőjárási szolgáltatásokhoz .....	32
Űridőjárási termékek fejlesztése a plazmapauza dinamikai jellemzésére ...	33
A CanSat Hungary műholdépítő verseny kutatórakétáinak műszaki vonatkozásai.....	34

A dinamikus napszélnyomás hatása a közepes energiájú, üstökös eredetű ionokra a 67P magnetoszférájában.....	35
ELF-viharok ég fölött és föld alatt.....	36
A háttér-napszél a belső helioszférában.....	38
Direkciós diszkontinuitások a belső helioszférában .....	39
Egy szokatlan kvazár vizsgálata földi és űrtávcsövekkel.....	40
<b>A konferencián bemutatott poszterek összefoglalói.....</b>	<b>41</b>
A nagycekeni Széchenyi István Geofizikai Observatóriumban folyó, hat évtizednyi légköri elektromos térerősség mérések bemutatása.....	42
Statisztikai eszközök űrbéli kvantum véletlenszám-generátorokhoz.....	43
Magyar közreműködés az MMX-űrszonda előkészítésében.....	44
Tavaszi jégfoltok keresése a Mars déli féltékjén.....	45
Mars Rover Modell verseny – A Pandémia Kihívás.....	46
Sentinel-1 SAR-műholdak felvételeinek radarinterferometriás feldolgozása során jelentkező tranziens légköri jelenségek hatásainak vizsgálata .....	47
Geotechnikai paraméterek elemzése a holdi regolit fúrásos mintavételéhez .....	48
Kozmikus hatások és kockázatok - meteortevékenység Magyarország felett 2020-2021-ben.....	49
Napszél adatok 3D propagációja .....	50
Egytengelyes magnetométerek összehasonlítása.....	51
Comet Interceptor – módszer és technológia az ismeretlen üstökös vizsgálatára .....	52
<b>A rendezvény szervezői.....</b>	<b>53</b>
Magyar Asztronautikai Társaság.....	53
Energiatudományi Kutatóközpont.....	53
Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet.....	54
<b>KFKI telephely térképe.....</b>	<b>55</b>
<b>Támogatók.....</b>	<b>56</b>

# A konferencia programja



### 13:00 Regisztráció

### 14:00 Megnyitó

szekcióvezető: Bacsárdi László

Kovács Kálmán, a MANT elnöke

Ferencz Orsolya, űrkutatásért felelős miniszteri biztos

Wesztergom Viktor, Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet intézetigazgatója

Horváth Ákos, az Energiatudományi Kutatóközpont főigazgatója

### 14:20 Keynote előadás

Ferencz Orsolya – A magyar űrstratégia ismertetése

### 14:45 Kerekasztal-beszélgetés a magyar űrhajósprogram tudományos kísérleteiről

Moderátor: Zábori Balázs

Részvevők: Apáthy István, Ferencz Orsolya, Magyarai Gábor, Remes Péter

### 16:00 Kávészünet

### 16:20-18:20 Plenáris előadások

szekcióvezető: Csurgai-Horváth László

Nagy János, Hevesi László, Vizi Pál Gábor, Szalai Lajos, Horváth István, Szalai Sándor – Magyar részvétel az ESA JUICE projektjében, tápegység fejlesztése a Jupiter Jeges holdjai kutatásában

Biró Nikolett, Lichtenberger János, Opitz Andrea, Németh Zoltán és Facskó Gábor – Statisztikus plazmaszféra-modell kifejlesztése gépi tanulási módszerrel

Kobán Gergely, Lichtenberger János, Opitz Andrea, Németh Zoltán és Facskó Gábor – Plazmavályúk vizsgálata földi és műholdas mérésekkel

Bozóki Tamás, Satori Gabriella és Steinbach Péter – Napciklus időskálán bekövetkező változások a Föld-ionoszféra üregrezonátor tulajdonságaiban

Németh Zoltán – A Szaturnusz magnetoszféra mágneses szerkezete



Kiss Csaba – Új horizontok: a Neptunuszon túli vidék kutatása célzott missziókkal



### 9:00 Regisztráció

### 9:30 Keynote előadás

Pál András – Az első magyar asztrofizikai műhold, a GRBA $\alpha$  legújabb eredményei

### 9:50-10:55 Plenáris előadások

szekcióvezető: Kiss László

Steinbach Péter, Bíró Nikolett és Lichtenberger János – Intenzív zivatarzóna lokális hatása a felső ionoszférában

Kovács Péter – Mágneses irregularitási zónák az ionoszférában; A Swarm misszió több éves regisztrátumának elemzése

Galambos Máté, Bacsárdi László, Czermann Márton, Erdei Gábor, Holló Csaba, Imre Sándor, Kis Zsolt, Koller István, Koppa Pál, Kornis János, Papp Zsolt és Sarkadi Tamás [online előadás] – Források és időszinkronizáció szabadtéri kvantumkommunikációhoz

### 10:55-11:15 Kávészünet

### 11:15-12:40 Plenáris előadások

szekcióvezető: Németh Zoltán

Horváth Dezső, Papp Paszkál, Schusztér Gábor és Tóth Ágota – Kemo-hidrodinamikai mintázatok mikrogravitációban

Makara Árpád László, Reichardt András és Csurgai-Horváth László – lonnyaláb 3D vezérlése gépi tanulással

Facskó Gábor, David Sibeck, Ilja Honkonen, Bór József, German Farinas Perez, Tímár Anikó, Yuri Shprits, Pyry Peitso, Laura Degener, Eija Tanskanen, Chandrasekhar Anekallu, Szalai Sándor, Kis Árpád, Wesztergom Viktor, Madár Ákos, Bíró Nikolett, Kobán Gergely and Illyés András – A földi magnetoszféra egy év hosszú magnetohidrodinamikai szimulációjának összehasonlítása Cluster mérésekkel

Bebesi Zsófia, Erdős Géza és Juhász Antal – A Naprendszer különböző bolygóinak környezetében észlelt SLAMS események összehasonlító vizsgálata

## 12:40-14:00 Ebéd

## 14:00 Kerekasztal-beszélgetés: A következő évek űripari kihívásai

Moderátor: Bacsárdi László

Részvevők: Arnócz István (SpaceApps)

Bárczy Tamás (Admatis)

Jónás László (Design Terminal)

Sárhegyi István (NewSpace Industries)

Solymosi János (BHE Bonn Hungary)

## 15:00 Kávészünet

### 15:20-16:40 Plenáris előadások szekcióvezető: Wesztergom Viktor

Bartóki-Gönczy Balázs – A világűr felhasználásnak szabályozásra váró kérdései

Magyar Bálint és Horváth Roland – Kárpátalja regionális léptékű felszín deformációjának monitorozása InSAR technológiával

Babcsán Norbert, Babcsán Kiss Judit és Babcsán Gergely – Alumínium alapú elektrokémiai cellák

Darvas Ferenc és Mezőhegyi Gergő [*online előadás*] – COVID-19 elleni küzdelem és gyógyszerkutatási lehetőségek az űrben

### 16:40-17:00 Poszter bemutató

Poszter szekció bemutatása poszterenként 2-2 percben

### 17:00-18:00 Kávészünet poszter szekcióval

Buzás Attila, Bozóki Tamás és Bór József – A nagycenki Széchenyi István Geofizikai Obszervatóriumban folyó, hat évtizednyi légköri elektromos térerősség mérések bemutatása

Kereszturi Ákos, Gross Péter, Gutay Gergely, Sódor Bálint és Tróznai Gábor – Comet Interceptor – módszer és technológia az ismeretlen üstökös vizsgálatára

**Domján Ádám, Hegymegi László és Hegymegi Csaba** – Egytengelyes magnetométerek összehasonlítása

**Novák Roland** – Geotechnikai paraméterek elemzése a holdi regolit fúrásos mintavételéhez

**Deme Lívia, Sárneczky Krisztián, Igaz Antal, Opitz Nándor, Csák Balázs, Egei Nóra és Vinkó József** – Kozmikus hatások és kockázatok -- meteortevékenység Magyarország felett 2020-2021-ben

**Pál Bernadett és Kereszturi Ákos** – Magyar közreműködés az MMX-űrszonda előkészítésében

**Vizi Pál Gábor és Sipos Attila** – Mars Rover Modell verseny – A Pandémia Kihívás

**Timár Anikó, Opitz Andrea, Facskó Gábor és Németh Zoltán** – Napszél adatok 3D propagációja

**Szárnya Csilla, Bozsó István, Szűcs Eszter és Wesztergom Viktor** – Sentinel-1 SAR-műholdak felvételeinek radarinterferometriás feldolgozása során jelentkező tranziens légköri jelenségek hatásainak vizsgálata

**Solymos Balázs és Bacsárdi László** – Statisztikai eszközök űrbéli kvantum véletlenszám-generátorokhoz

**Gergácza Mira Anna** – Tavaszi jégfoltok keresése a Mars déli féltekéjén



### 9:00 Regisztráció

### 9:30 Keynote előadás

Hirn Attila – A RadMag műszer technikai demonstrációs küldetése és továbbfejlesztése

### 9:50-10:55 Plenáris előadások

szekcióvezető: Frey Sándor

Lichtenberger János, Heilig Balázs, Anders Jørgensen, Steinbach Péter, Koronczay Dávid, Juhász Lilla és Bendicsek Bendegúz – A plazmaszférát leíró termékek kifejlesztése űridőjárási szolgáltatásokhoz

Heilig Balázs, Bendicsek Bendegúz, Claudia Stolle, Jan Rauberg, Guram Kervalishvili és Lichtenberger János – Űridőjárási termékek fejlesztése a plazmapauza dinamikai jellemzésére

Illyés András, Pálfi Bars, Facskó Gábor, Opitz Andrea és Németh Zoltán [online előadás] – A CanSatHungary műholdépítő verseny kutatórakétáinak műszaki vonatkozásai

### 10:55-11:15 Kávészünet

### 11:15-12:40 Plenáris előadások

szekcióvezető: Hirn Attila

Timár Anikó, Németh Zoltán és Szegő Károly – A dinamikus napszélnyomás hatása a közepes energiájú, üstökös eredetű ionokra a 67P magnetoszférájában

Bór József, Szabóné André Karolina, Novák Attila, Bozóki Tamás, Janusz Mlynarczyk, Steinbach Péter és Lemperger István – ELF-viharok ég fölött és föld alatt

Opitz Andrea, Timár Anikó és Németh Zoltán – A háttér-napszél a belső helioszférában

Madár Ákos, Erdős Géza, Opitz Andrea, Németh Zoltán és Facskó Gábor – Direkciós diszkontinuitások a belső helioszférában

Perger Krisztina, Frey Sándor és Gabányi Krisztina Éva – Egy szokatlan kvazár vizsgálata földi és űrtávcsövekkel

### 12:45-13:00 Zárszó

Hirn Attila

### 13:00-14:00 Ebéd

# **A konferencia előadásainak összefoglalói**

**(a bemutatás sorrendjében)**



## Magyar részvétel az ESA JUICE projektjében, tápegység fejlesztése a Jupiter Jeges holdjai kutatásában

János Nagy<sup>1</sup>, László Hevesi<sup>1</sup>, Pál Gábor Vizi<sup>1</sup>, Lajos Szalai<sup>2</sup>, István Horváth<sup>2</sup>, Sándor Szalai<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Energiatudományi Kutatóközpont

**nagy.janos@ek-cer.hu**

<sup>2</sup> Wigner Fizikai Kutatóközpont

<sup>3</sup> SGF Kft

JUICE - JUperiter ICy moons Explorer - az ESA legjelentősebb bolygóközi missziója. A tervek szerint az űrszonda 2022 szeptemberében indul és 2029 -ben érkezik a Jupiterhez, ahol három évet tölt a Jupiter óriás gázalmazú bolygó és három legnagyobb holdja, a Ganymede, a Callisto és az Európa részletes megfigyelésével. Az Űrtechnikai Csoport tápegységet fejlesztett a PEP (Particle Environment Package) műszerhez. A PEP szenzorjai vizsgálják a Jupiter rendszer plazmakörnyezetét.

A PEP mérni fogja a pozitív és negatív ionok, elektronok, exoszférikus semleges gáz, termikus plazma és energetikai semleges atomok sűrűségét és fluxusait. Az űrszondán a fedélzeti névleges feszültség 28V. Az Űrtechnikai Csoport feladata volt a DCC (Direct Current Converter) tápegység kifejlesztése a PEP számítógépe, kommunikációs csatornái és szenzorjai számára. A munka nagy kihívást jelentett az elvárt nagyfokú megbízhatóság miatt, és a megbízható működést szélsőséges körülmények között is biztosítani kellett. Ebben a cikkben bemutatjuk a DCC fejlesztését és a megvalósítását. A DCC vizsgálatához egy speciális tesztberendezés kifejlesztése, EGSE (Electronic Ground Support Equipment) is szükséges volt, ami szimulálta a PEP működését. Az EGSE-t az SGF Kft. fejlesztette ki, amivel a DCC ellenőrzése megvalósítható volt. Ebben a cikkben bemutatjuk a DCC-t, a minőségbiztosítási módszereket és az EGSE által végzett vizsgálatokat.

A cikkben áttekintjük a DCC egység felépítését, a tervezés során megadott követelményeket és előírásokat, amiknek meg kellett felelni. A minőségbiztosítási fontos lépéseit, a gyártás technológiai előírását, az EGSE-ét bemutatjuk és az igénybevételi tesztekéről, integrálásról is képet adunk.

## Statisztikus plazmaszféra-modell kifejlesztése gépi tanulási módszerrel

Biró Nikolett<sup>1,3</sup>, Lichtenberger János<sup>2</sup>, Opitz Andrea<sup>3</sup>, Németh Zoltán<sup>3</sup>,  
Facskó Gábor<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Fizika Doktori Iskola  
**bironiki97@gmail.com**

<sup>2</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék,  
<sup>3</sup> Wigner Fizikai Kutatóközpont

Egy új, neurális hálózaton alapuló, háromdimenziós plazmaszféra modellt fejlesztünk és tesztelünk. Az architektúra egy három rétegből álló többrétegű perceptron, amely bemenetként 180 értéket vár, első rétege 60, második három neuronból áll, és egy értéket ad vissza. Tanításához a Van Allen holdak mérési adataiból készült NURD adatsort, valamint az OMNI szolgáltatásból származó SYM-H, AL és F10.7 indexeket használtuk fel. A modell bemenetként a mágneses koordinátákat és a viharindexek különböző idősorait kéri, kimenete pedig az adott pontbeli elektronsűrűség a kérdéses időpontban. A mért és jósolt értékek közötti korreláció értéke 0,94, a modell körülbelül két nagyságrendű hibát ejt. Az új kód képességeit három viharesemény hatásának reprodukálásán keresztül mutatjuk be, köztük a halloweeni viharral. A modellt index-előrejelzéseken is lefuttatjuk, azonban ennek eredménye mutatja, hogy az előrejelzések pontossága még korlátozott.



## Plazmavályúk vizsgálata földi és műholdas mérésekkel

Kobán Gergely<sup>1,2</sup>, Lichtenberger János<sup>3</sup>, Opitz Andrea<sup>1</sup>, Németh Zoltán<sup>1</sup>,  
Facskó Gábor<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wigner Fizikai Kutatóközpont  
**koban.gergely@gmail.com**

<sup>2</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Fizika Doktori Iskola

<sup>3</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék

A plazmavályúk geomágneses viharok során megfigyelhető, lokalizált, akár egy teljes nagyságrendű sűrűségcsökkenések a plazmaszférában. A vályú belső oldala plazmapauzaként viselkedik, ezt mutatja, hogy alacsony L értéken is találhatunk kórusokat, amelyek egyébként csak a valódi plazmapauzán kívül terjednek. A vizsgálatok során olyan Van Allen-adatokkal dolgozunk, amelyek a NURD nevű, gépi tanulás alapú algoritmus segítségével már feldolgozásra kerültek. Azonosítjuk a plazmavályúkat, és kiválasztunk négy eseményt, amelyekhez a földi AWDANet hálózat méréseiből adott időtartományon belül whistlereket keresünk. Whistlerinverzióval megállapítható az egyenlítői elektronsűrűség, így a műholdas eredményeket is átkonvertáljuk egyenlítői elektronsűrűséggé. A földi, whistlerinverzióval kapott eredmények térben és időben ki tudják egészíteni a műholdas méréseket. A whistlerek mellett kórusokat is azonosítunk, mind a négy eseményhez.

A plazmavályúk nem ölelik körül az egész Földet, továbbá élettartamuk változatos. Két esetben minden kétséget kizáróan bizonyítást nyert, hogy az észlelt kórusok a plazmavályún belülről származnak. A másik két esetben a valódi plazmapauza Földhöz való közelsége miatt ez nem dönthető el egyértelműen. A módszer hátránya, hogy nem biztos, hogy minden eseményhez tudunk megfelelő földi mérést rendelni. Ez a módszer hasznos, egyedülálló eredményeket tud produkálni a plazmavályúk vizsgálatában.

# Napciklus időskálán bekövetkező változások a Föld-ionoszféra üregrezonátor tulajdonságaiban

Bozóki Tamás<sup>1,2</sup>, Sátori Gabriella<sup>1</sup>, Steinbach Péter<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet

**bozoki.tamas@epss.hu**

<sup>2</sup> Szegedi Tudományegyetem, Környezettudományi Doktori Iskola

<sup>3</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék,

<sup>4</sup> Eötvös Loránd Kutatói Hálózat-Eötvös Loránd Tudományegyetem, Geológiai, Geofizikai és Űrtudományi Kutatócsoport

A földfelszín és az alsó ionoszféra egy globális üregrezonátort alkot a 3 és 50 Hz közötti frekvenciatartományban, melyet alapvetően a villámok által kisugárzott elektromágneses hullámok töltenek ki. A Föld-ionoszféra üregrezonátorban megfigyelhető elektromágneses rezonanciajelenséget Schumann-rezonanciának(SR) nevezzük. A SR érzékeny indikátora mind a globális villámtevekénység intenzitásának és eloszlásának, mind a Föld-ionoszféra üregrezonátor felső falát képező alsó ionoszféra ionizációs állapotában történő nagyskálájú változásoknak.

Ebben a munkában nyolc, a világ távoli pontjain található SR-állomás hosszútávú mágneses adatsorait elemeztük abból a célból, hogy következtetéseket vonjunk le a Föld-ionoszféra üregrezonátor tulajdonságaiban bekövetkező hosszútávú változásokról. Független műholdas- (POES és GOES műholdak) és földfelszíni (SuperDarn radar) mérések bevonásával kimutattuk, hogy a magnetoszférából kiszóródó töltött részecskék és a Napból érkező röntgensugárzás fluxusában bekövetkező változások folyamatosan deformálják az üreget, és ez a hatás mind rövid (<1 nap), mind napciklus időskálán kimutatható SR-mérések segítségével. Míg a kiszóródó részecskék hatása elsősorban magas szélességű területeket érint, a röntgensugárzás alapvetően alacsony szélességeken deformálja az üreget. A francia DEMETER műhold méréseiből meghatározható a Föld-ionoszféra hullámvezető effektív magassága, ami egy független információforrás a Föld-ionoszféra üregrezonátor tulajdonságainak hosszútávú változásairól. A SR és a DEMETER-mérések alapján kapott eredmények jó egyezést mutatnak. Az eredményeink alapján célszerűnek tűnik a SR-mérésekre egy új, alternatív eszközként tekinteni az alsó ionoszféra ionizációs állapotában bekövetkező, részecskékiszóródáshoz köthető változások vizsgálatára.

# A Szaturnusz magnetoszféra mágneses szerkezete

Németh Zoltán

<sup>1</sup>Wigner Fizikai Kutatóközpont  
**nemeth.zoltan@wigner.hu**

A Szaturnusz magnetoszférájának nagy léptékű mágneses szerkezetéről elterjedt kép szerint a magnetoszféra poláris régióinak erővonalai nyíltak, míg az alacsonyabb szélességeken található zárt erővonalak hagymahéj-szerű kvázi-dipól szerkezetben együtt forognak a bolygóval. Azonban úgy tűnik ez a kép nem összeegyeztethető a Cassini űrszonda kísérleti megfigyelésiből előbukkanó bonyolult viselkedéssel. A megfigyelések azt mutatják, hogy a bolygótól távolodva az erővonalak egyre jobban lemaradnak az együttforgó rendszerhez képest (ez a viselkedés az ún. szubkorotáció). A magnetoszféra csóvájának északi és déli lebenyében megfigyelhető periodicitások, habár közel vannak egymáshoz és a bolygó periódusához is, az újabb mérések szerint alapvetően függetlenek. A csóvában megfigyelt ionok körsebessége az egyenlítői lemeztől távolodva csökken, majd egy bizonyos szélességen eléri a nullát és negatívba fordul, vagyis ezek az ionok a bolygó forgásával ellentétes (retrográd) irányban mozognak a bolygó körül! A csóva bizonyos részein jelentős poláris, ill. egyenlítői irányú áramlások figyelhetők meg.

Hogyan lehetséges mindez? A megoldás kulcsa az a megfigyelés, hogy míg a Szaturnusz belső anyagforrások által plazmával megterhelt erővonalai egyre elnyújtottabbá válnak és egyenlítői pontjuk a bolygótól távolodik és lassul, az erővonal talppontjai még sokáig kapcsolatban maradnak a bolygó felszínével. Azaz a csóva egyenlítői lemezében lehorgonyzott erővonal középrész olyan talppontokkal van kapcsolatban, amik többször is körbeutazzák a bolygót, miközben a középrész alig mozdul el. Ez a jelenség nagyon komoly következményekkel jár a magnetoszféra globális mágneses szerkezetére nézve. Míg az egyenlítő-közeli, alacsony szélességen eredő erővonalak továbbra is együtt forognak a bolygóval, a zárt erővonalaknak van egy olyan tartománya, amelyben csak az erővonalak talppontjai követik a bolygó forgását, az erővonalak távolabbi részei óriási független mágneses örvényekbe tömörülnek a csóva északi és déli lebenyében. Az előadás ezt a jelenséget mutatja be részletesebben.

# Új horizontok: a Neptunuszon túli vidék kutatása célzott missziókkal

Kiss Csaba<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Csillagászati Intézet

**kiss.csaba@csfk.org**

<sup>2</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Fizikai Intézet

A Neptunuszon túli vidék legnagyobb égitestjei elképesztő sokszínűséget mutatnak: a felszín geológiája, összetétele, az égitestek alakja, a kettős rendszerekben a kísérők tulajdonságai sokkal nagyobb változatosságot mutatnak, mint a Naprendszer egyéb vidékein. Megértésükhöz közvetlenül ezekhez az égitestekhez küldött űrszondákra lenne szükség. Mint ahogyan az első ilyen „átrepülő” űrszonda, a New Horizons példája megmutatta a Pluto-Charon rendszer esetében, még egy a felszínre nem leszálló eszköz is soha nem látott gazdagságú információkat tud szolgáltatni a felszín geológiájáról, a légköri folyamatokról, az űridőjárás környezetről, a felszín és a mélyebb rétegek kölcsönhatásáról, és akár a belső szerkezetről.

A földi mérésekből tudjuk, hogy a Neptunuszon túli vidék legnagyobb égitestjei – törpebolygói – jelentősen különböznek a Plutótól több szempontból is, és keletkezésük és fejlődésük különbségeinek megértéséhez az adott égitestet célzó missziók mellett az átrepülő űrszondák jelentik a leghatékonyabb eszközt. A legnagyobb törpebolygók jelentős része az űreszközök által elméletileg elérhető 100 CSE-n belül található. Jelenleg mintegy 40 000 Neptunuszon túli égitestet ismerünk, és ezek száma a közeljövőben jelentősen nőhet pl. a Vera C. Rubin Observatórium (LSST) hamarosan induló felméréseivel. A jövőbeli űreszközöknek ideálisan olyan pályán kell mozogniuk, hogy minél több égitestet tudjanak meglátogatni egyetlen misszió során, hasonlóan a New Horizons Arrokoth kisbolygónál tett – induláskor nem tervezett – látogatásához. Az előadásban megmutatjuk, hogy miért és hogyan lenne egy ilyen komplex átrepülő misszió megvalósítható, és hogy mik azok a nyitott kérdések, amelyekre egy ilyen űrszonda választ adhatna, melyek a jelenlegi legjobb útvonalak, és hogy hogyan lehetne egy ilyen missziót összekapcsolni pl. az Uránshoz tervezett nagyskálájú programmal.

Holler, B.J., Bannister, M.T., Kelsi N. Singer, K.N., Stern, A.S., ..., Kiss, Cs., et al., „Prospects for Future Exploration of the Trans-Neptunian Region”, Planetary Science and Astrobiology Decadal Survey 2023-2032 white paper e-id. 228; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 53, Issue 4, e-id. 228 (2021)

## Intenzív zivatarzóna lokális hatása a felső ionoszférában

Steinbach Péter<sup>1,2</sup>, Bíró Nikolett<sup>3,4</sup>, Lichtenberger János<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék,  
Úrkutató Csoport

**steinb@sas.elte.hu**

<sup>2</sup>Eötvös Loránd Kutatói Hálózat-Eötvös Loránd Tudományegyetem,  
Geológiai, Geofizikai és Űrtudományi Kutatócsoport

<sup>3</sup>Wigner Fizikai Kutatóközpont

<sup>4</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Fizika Doktori Iskola

A belső magnetoszférát kitöltő plazmaszféra vizsgálatában kulcsszereplő ún. egyugrású whistlerek plazmában terjedése leírásában régi, de máig meglévő kérdőjel az erővonal menti vezető szerkezetek kialakulásának mechanizmusa. Ennek egyik elvi lehetősége, ha a semleges légkörben a zivatar aktivitáshoz köthető nagyléptékű elektromos terek, vagy a villám kisülések plazmába belépő e.m. impulzusa segíti elő a sűrű ionoszférában az erővonal mentén elnyúlt plazma inhomogenitások diffúziós kialakulását.

A felső ionoszférában in situ műholdas mérések adatában közegjellemzők nem reguláris változása és a szubszatellita régióhoz közeli zivatarzóna előfordulások között szignifikáns kapcsolatot mutattunk ki, és részletes vizsgálatát kezdtük meg. Ennek részeként LEO pályákon rögzített elektron- és ionhőmérséklet adatokban (pl. a francia DEMETER mikroműhold IAP, ISL kísérletek regisztrátumai) a modellezhető, determinisztikus trendek (pl. zenitszög, ill. mágneses szélesség hatása) eltávolítása után a fenti, lokális plazmajellemzők anomalisztikus megváltozása (jellemzően növekedése) volt időszakosan detektálható a pálya mentén. Időben és térben ezekkel az előfordulásokkal jól egyező módon földi villám detektor hálózat által követett, közeli zivatarzónákat tudtunk kijelölni. A megnőtt plazma részecske mozgékonyságok mögött okként így ésszerűen feltételezhető a zivatargócok villamos hatása, ami pedig a magassággal drasztikusan csökkenő ütközési frekvencia okán az ionoszférikus plazma erővonal menti kifűződését, vezető szerkezet kialakulását segíti.

# Mágneses irregularitási zónák az ionoszférában; A Swarm misszió több éves regisztrátumának elemzése

Kovács Péter<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat  
**[kovacs.peter@mbfsz.gov.hu](mailto:kovacs.peter@mbfsz.gov.hu)**

A három műholdból álló Swarm misszió 2013 novemberétől áll kis keringési magasságú, közel poláris földkörüli (LEO) pályán. A misszió két műholdja (Swarm-A és Swarm-C) egymáshoz közel, nagyjából 450 km magasan, a harmadik (Swarm-B) műhold pedig a másik kettőtől független keringési síkon, 530 km körüli magasságon kering. A LEO megfigyelések nem csak az ionoszféra, hanem széles fizikai tartomány (plazmaszféra, magnetoszféra, napszél) dinamikai folyamatait képezik le, ezért az űr kutatásban és az űridőjárás megfigyelésében kitüntetett szerepük van. A Swarm misszió megfigyeléseinek fókuszában a mágneses tér áll, ezen keresztül pedig elsősorban a geomágneses tér modelljeinek pontosítása a célja. Másodlagos célként, az ESA által támogatott EPHEMERIS pályázat keretében a mágneses regisztrátumokban megjelenő rendellenességek időbeli és térbeli előfordulásait kerestük. A rendellenességeket a különböző idő-skálájú mágneses tér változások statisztikai eloszlásai alapján monitoroztuk egy folyamatos utóablakos eljárással, feltételezve a változások turbulens jellegét, és az intermittens fluktuációk gyakoriságának rendellenességek idején való növekedését. A Swarm misszió, elemzéshez használt mágneses regisztrátumának mintavételi frekvenciája 50 Hz. Az előadásban megmutatjuk, hogy az irregularitások jellemzően a sarki ovál, illetve a mágneses egyenlítő felől északi és déli irányban, kb. 10°-ra eső, szimmetrikus sávban jelentkeznek. Előbbi az erővonalmenti áramok hatását jelzi, míg az utóbbi a jellemzően naplemente utáni időszakban megjelenő jelenség, az ún. plazmabuborékok hatását tükrözi. A nappali időszakban a sarki ováltól az egyenlítő felé is megfigyelhető egy mágneses irregularitási zóna, ami feltételezésünk szerint a plazmaszféra határán hirtelen változó paraméterű erővonalmenti rezonanciáknak tulajdonítható. Az egyenlítői mágneses irregularitások a plazma sűrűségének változásával is együtt járnak, ezért a GPS holdak rádiójeleinek zavarait is okozhatják. Az előadásban az irregularitások és a GPS jelek hibáinak kapcsolatát két oldalról is tanulmányozzuk. Egyfelől statisztikailag vizsgáljuk a műholdak fedélzetén elhelyezkedő GPS vevők működési rendellenességeit és az irregularitási zónákon való áthaladások térbeli és időbeli megegyezősegeit. Másrészt pedig földi GNSS állomásokon megfigyelt navigációs jelek zavarai (szcintillációk) és a jelek terjedési irányában megfigyelt mágneses irregularitások statisztikai összefüggéseit is tanulmányozzuk.

## Források és idősinkronizáció szabadtéri kvantumkommunikációhoz

Galambos Máté<sup>1</sup>, Bacsárdi László<sup>1</sup>, Czermann Márton<sup>1</sup>,  
Erdei Gábor<sup>2</sup>, Holló Csaba<sup>2</sup>, Imre Sándor<sup>1</sup>, Kis Zsolt<sup>3</sup>, Koller  
István<sup>1</sup>, Koppa Pál<sup>2</sup>, Kornis János<sup>2</sup>, Papp Zsolt<sup>2</sup>, Sarkadi Tamás<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Villamosmérnöki és Informatikai Kar

**galambos.mate@vik.bme.hu**

<sup>2</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Természettudományi Kar

<sup>3</sup> Wigner Fizikai Kutatóközpont

A lézerek és félvezetőeszközök után jelenleg egy második kvantumforradalmat élünk, melyben számos új technológia áll fejlesztés alatt. A kvantumkommunikáció (vagyis fotonokkal, ultragyenge fényjelekkel történő kommunikáció) több klasszikusan megoldhatatlan problémára ígér megoldást. Ilyen például a bizonyíthatóan biztonságos kulcsszétosztás, vagy kvantumprocesszorok, kvantumszámítógépek összekapcsolása. A veszteségek azonban néhány száz kilométerre korlátozzák az optikai kábelekkel jelenleg áthidalható távolságot. A probléma része, hogy a klasszikus hálózatokban használatos erősítők, jelismétlők kvantummegfelelői komplexebbek, és egyelőre nincs piacész implementációjuk. Mivel a műholdas, szabadtéri kvantumkommunikáció kisebb veszteségekkel rendelkezik, ezért kvantumjelismétlők nélkül is nagyobb távolságú kapcsolatok építhetők ki a segítségével. Ezt jelenleg már több műholdas kísérlet igazolja. A mi fejlesztéseink célja, hogy felzárkózzunk a világszínvonalhoz, és kiépítsünk egy olyan rendszert, amivel Magyarország egy kvantumműholdhoz földi állomáson keresztül csatlakozhat. Ennek első lépése kvantumkulcsszétosztás földi állomások között, melyet összefonódott fotonok segítségével tervezünk megvalósítani. Az építés alatt álló rendszer fő elemei az összefonódott fotonpár-forrás, a fotonok továbbítására alkalmas távcsőrendszer, illetve a detektáló és feldolgozó elektronika, mely a beérkező fotonok közül az időbélyegzők korrelációja alapján kiválasztja a jel fotonokat a háttér fotonok közül. Moduláris rendszerünk beállításához elkészítettünk egy ikerfoton forrást is, mely az összefonódott fotonforrást helyettesítheti. Ez széles spektrumú, polarizációban nem összefonódott, azonban időben erősen korrelált fotonpárokat állít elő. Ez a tesztforrás a feldolgozó elektronika beállításához, az időbélyegzők szinkronizálásához szükséges. Egyúttal ez szolgál a polarizációban összefonódott fotonokat előállító, keskeny spektrumú forrás prototípusaként is. Az előadásban bemutatjuk az elkészült és fejlesztés alatt álló forrásokat, illetve az idősinkronizációval kapcsolatos eredményeket.

## Kemo-hidrodinamikai mintázatok mikrogravitációban

Horváth Dezső<sup>1</sup>, Papp Paszkál<sup>2</sup>, Karin Schwarzenberger<sup>3</sup>,  
Yorgos Stergiou<sup>3</sup>, Schuszter Gábor<sup>2</sup>, Tóth Ágota<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék, Szegedi Tudományegyetem  
**horvathd@chem.u-szeged.hu**

<sup>2</sup> Fizikai Kémiai és Anyagtudományi Tanszék, Szegedi Tudományegyetem

<sup>3</sup> Institute of Process Engineering and Environmental Technology,  
Technische Universität Dresden

Kémiai reakcióban előállított termék mennyisége szabályozható adott reaktánskoncentráció és kinetikai paraméterek mellett megfelelő reaktorgeometriánál a transzportfolyamatok figyelembevételével. Elméleti számítások alapján az egyszerű, áramlásvezérelt  $A+B \rightarrow C$  reakcióban a termék mennyisége jelentősen függ az alkalmazott reaktorgeometriától, amennyiben az egyik reaktánst áramoltatjuk a másikba. Ha egyenes vonal mentén történik a betáplálás, a képződött termék mennyisége független a reaktáns áramlási sebességétől, míg radiális betáplálás esetén az injektálási sebesség  $-1/2$  hatványával arányos [1]. Földi körülmények között végzett kísérletekkel megmutattuk, hogy a mért kitevő jelentősen eltér az elméletileg jósolt értéktől, melynek oka a sűrűségkülönbség-vezérelt közegmozgás és/vagy a Taylor diszperzió [2]. Előbbi megfelelő időtartamú gravitációmentes körülmények között eliminálható és a két hatás így szétválasztható. A nemzetközi csoportunk a 73. parabolarepülési kampányban vett részt, ahol többek között sikeresen teszteltük a TEXUS 57 szuborbitális rakétára küldendő kísérleti berendezést. Meghatároztuk a használandó kísérleti paramétereket és a hipergravitációs fázisban új mintázatokat állítottunk elő.

[1] F. Brau, G. Schuszter, A. De Wit, Phys. Rev. Lett. 118, 134101 (2017)

[2] A. Toth, G. Schuszter, N.P. Das, E. Lantos, D. Horvath, A. De Wit, F. Brau, Phys. Chem. Chem. Phys. 22, 10278-10285 (2020)



# Ionnyaláb 3D vezérlése gépi tanulással

Makara Árpád, Reichardt András és Csurgai-Horváth László

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék  
**reichardt.andras@vik.bme.hu**

Az ionhajtóművek a legegyszerűbb és leggyakoribb lassú üzemű elektromos hajtóművek, amelyet űreszközök meghajtására használnak. Működésük során az eszköz ionizált gázfelhőt hoz létre, amelynek alakját elektromágneses tér alkalmazásával formálnak. Az ionokat gyorsító elektromos tér segítségével az eszközből kifelé kilövik. Ezen részecskék ellenereje mozgatja az adott űreszközt. A működési elvből kifolyólag, a meghajtás csak ott használható, ahol a közeg kellően ritka. Az ionhajtómű kismértékű, de hosszú ideig és szabályozható mértékű meghajtást eredményez. A tématerületen az eddig meglévő szimulációk a hajtómű belsejében (ionizáló kamra) kialakuló plazma leírására szorítkoznak. Ekkor a fókuszban a plazma jellemzőinek meghatározása áll. Jelen munkánk a már előállított ionfelhőből gyorsított ionok irányításának problémájával foglalkozik. A hajtómű külső felületén található, változtatható potenciálú elektródák a nagy sebességgel kirepülő ionok (ionnyaláb) irányát megváltoztatják. Az elektródák potenciáljának változtatásával az ionnyaláb előírt pályán mozoghat. Az elektródák vezérlését megfelelően választva az űreszköz irányváltoztatásához szükséges hajtóanyag mennyisége minimalizálható. Korábbi munkánk során kidolgoztunk egy kétdimenziós modellen alapuló eljárást, amely Maxwell-egyenleteken nyugvó, ütközésmentes modellt alkalmaz. Az ebből nyert adatokat felhasználva elkészítettünk egy pillanatnyi gradiensen alapuló, felügyelt gépi tanulást alkalmazó optimalizációs eljárást, mely adott ionnyaláb-útvonal esetén minimalizálni tudja a szükséges ionok mennyiségét. Ez utóbbi képes a kisműholdak hasznos tömegét növelni, illetve az üzemidőt esetlegesen növelheti is.

Mostani eredményünk során a korábbi eljárást bővítettük háromdimenziós problémák esetére. Jövőbeni tervünk eredményeink összevetése a tématerületen található további eredményekkel. Távlati célok közt szerepel a megalkotott eljárás alkalmazása mesterséges intelligencia alapú műholdpálya optimalizálás megvalósításához.

[1] Makara Á., Ionhajtómű szimulációja és optimalizációja, OTDK dolgozat, 2020 (konzulens: Reichardt András)

[2] A. Makara, A. Reichardt, L. Csurgai-Horvath, Visualization and simulation of ion thrusters possibly usable by small satellites, H-SPACE 2020, February 26-27, 2020, Budapest, Hungary

## A földi magnetoszféra egy év hosszú magnetohidrodinamikai szimulációjának összehasonlítása Cluster mérésekkel

Facskó Gábor<sup>1</sup>, Sibeck David<sup>2</sup>, Honkonen Ilja<sup>3</sup>, Bór József<sup>4</sup>, Farinas Perez German<sup>5</sup>, Timár Anikó<sup>1</sup>, Shprits Yuri<sup>6,7</sup>, Peitso Pyry<sup>8</sup>, Degener Laura<sup>3</sup>, Tanskanen Eija<sup>8,9</sup>, Anekallu Chandrasekhar Reddy<sup>10</sup>, Szalai Sándor<sup>4,11</sup>, Kis Árpád<sup>4</sup>, Wesztergom Viktor<sup>4</sup>, Madás Ákos<sup>1,12</sup>, Biro Nikolett<sup>1,12</sup>, Kobán Gergely<sup>1,12</sup>, Illyés András<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

**facsko.gabor@wigner.hu**

<sup>2</sup> NASA Goddard Space Flight Centre, Greenbelt, MD, USA

<sup>3</sup> Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland

<sup>4</sup> Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, Sopron

<sup>5</sup> University of Miami, Electrical and Computer Engineering Department, Miami, Florida, USA

<sup>6</sup> Helmholtz Centre Potsdam, GFZ German Research Centre for Geoscience, Potsdam, Germany

<sup>7</sup> Institute for Physics and Astronomy, University of Potsdam, Potsdam, Germany

<sup>8</sup> Aalto University, School of Electrical Engineering, Espoo, Finland

<sup>9</sup> Sodankylä Geophysical Observatoy, University of Oulu, Sodankylä, Finland

<sup>10</sup> UCL Department of Space & Climate Physics, Mullard Space Science Laboratory, Dorking, UK

<sup>11</sup> Miskolci Egyetem, Geofizika Tanszék, Miskolc

<sup>12</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Fizika Doktori Iskola, Budapest

Korábban a 2002. január 29. és 2003. február 2. közötti időszak napszéladatait felhasználva egy év hosszúságú időszakra globális magnetohidrodinamikai szimulációt készítettünk a GUMICS-4 kóddal. Ebben a tanulmányban összehasonlítjuk a modellt a földi magnetoszféra és a napszél kölcsönhatásának a tekintetében a Cluster SC3 méréseivel. A szimuláció eredményeül kapott bolygóközi mágneses tér észak-déli komponensét ( $B_z$ ) hasonlítjuk össze a magnetométer adataival, az ion plazma műszerrel mért Nap-Föld egyenessel párhuzamos napszélsebességgel és az ion plazma sűrűséggel, továbbá az elektromos teret mérő műszer által szolgáltatott szonda potenciálból számolt elektron sűrűséggel. Meghatározzuk a lökéshullám, a magnetopauza és a semleges lepel koordinátáit az űrszonda méréseiből és a szimulációkból, majd összehasonlítjuk a helyzetüket. Olyan időszakaszokat választunk a napszélben, a mágneses burookban és a magnetoszférában, ahol a fenti műszerek jó minőségű adatokat biztosítanak és a modell jól adja meg azt a régiót, ahol a szonda tartózkodott. A GUMICS-4 kód eredményei jól egyeznek a mérésekkel a napszélben, de a pontosság csökken a

mágneses burookban. A magnetoszférában ugyanakkor a szimuláció eredményei nem valóságűek. A lökéshullám helyzetét jól adja vissza a modell, azonban a magnetopauza helyzete kevésbé pontos. A semleges lepel helyzete annak köszönhetően valóságű, hogy a bolygóközi mágneses tér By komponense alacsony volt ebben az időszakban.

# A Naprendszer különböző bolygóinak környezetében észlelt SLAMS események összehasonlító vizsgálata

Bebesi Zsófia, Erdős Géza, Juhász Antal

Wigner Fizikai Kutatóközpont  
**bebesi.zsofia@wigner.hu**

A bolygókra a napszél-plazma áramlása felőli oldalán létrejövő lökéshullám (vagy fejhullám) előterében intenzív részecske-hullám kölcsönhatások zajlanak. A lökéshullám környezetéből a napszél részecskéinek egy része a Nap irányába visszaverődik, de hatással van rájuk a napszél ExB driftje is. A visszaáramló ionok és a napszél kölcsönhatása számos plazma instabilitást gerjeszt (például ion-nyaláb instabilitást), melyek hullámkeltéshez vezetnek. A kvázi-parallel lökéshullám előterében létrejövő nem-lineáris, kompresszív ULF (Ultra Low Frequency) hullámok meredekké válása során keletkeznek a vizsgált mágneses struktúrák (Short Large Amplitude Magnetic Structures; SLAMS). A földi fejhullám előtti tartományban a jelenséget sokszor megfigyelték már, de a Szaturnusznál csak az közelmúltban lehetett részletesebben tanulmányozni. A Cassini fedélzeti Magnetométerének és Plazma Spektrométerének (CAPS) adatait felhasználva számos SLAMS eseményt észleltünk, elsősorban a 2004-től 2005 végéig terjedő időszakban, amikor az űrszonda többször is áthaladt a kvázi-parallel fejhullám előtti tartományban. A SLAM struktúrák lokálisan gyors módusú lökéshullámként viselkednek, ezért megfigyelhettük a környezetükből visszaverődő ionnyalábokat, a plazmaáramlás lassulását, valamint plazmafűtést, illetve számos esetben észleltünk whistler prekursor hullámokat is. Ezek a sajátosságok összhangban vannak a Föld közelében vizsgált SLAM struktúrák fizikai jellemzőivel, azonban térbeli kiterjedésük (a keltő ULF hullámok frekvenciájával arányosan) a Szaturnusznál lényegesen nagyobb, a napszél fizikai paramétereinek a távolsággal arányos változása miatt. A SLAM struktúrák lineáris kiterjedése arányos az észlelések időtartamával is, mivel az űrszondák sebessége a plazmaáramláshoz viszonyítva rendkívül kicsi. A Föld környezetében észlelt SLAMS események csak néhány másodpercesek (~100 km), míg a Szaturnusznál átlagosan 1-2 perc hosszúságúak (~30,000 to 50,000 km). SLAM struktúrákat a Föld és a Szaturnusz mellett a Vénusz, a Mars és a Jupiter környezetében is megfigyeltek már. Összevetjük a Naprendszer különböző pontjain észlelt SLAMS események főbb fizikai jellemzőit, valamint megvizsgáljuk a napszél paramétereitől való függésüket.

# A világűr felhasználásának szabályozásra váró kérdései

Bartóki-Gönczy Balázs

Nemzeti Közszolgálati Egyetem  
Világűr Társadalomtudományi Kutatóműhely  
**bartoki-gonczy.balazs@uni-nke.hu**

Az új űrkorszak hajnalán az több mint fél évszázada elfogadott nemzetközi jogi keretrendszer számos aktuális kérdésre nem ad megnyugtató választ, mely hátráltathatja az űrszektor, azon belül pedig elsősorban a kereskedelmi űrszektor fejlődését. Előadásom célja azonosítani azokat a területeket, melyek jogi háttere bizonytalan vagy egyáltalán nem létezik. Ezek az alábbiak.

Égitestek erőforrásainak kereskedelmi célú kiaknázása

A Világűrszerződés homályos megfogalmazása eltérő értelmezési lehetőségeket kínál, míg az egyértelmű Hold-megállapodást nem elfogadott az űrhatalmak által. A jogi háttér bemutatását követően bemutatásra kerül az Egyesült Államok által támogatott Artemis megállapodás, illetve ennek jövőbeli, lehetséges jogi következményei. Emellett bemutatásra kerül, hogy más területeken (mélytengeri bányászat) milyen megoldások születtek, mely analógiaként szolgálhat.

Űrobjektum forgalom-irányítás

A világűr, különösen az alacsony Föld körüli pályák egyre inkább telítetté válnak, különösen a megakonstellációk terjedésével. Ez nélkülözhetetlenné teszi egy – a légiforgalom irányításhoz hasonlatos – forgalomirányítási rendszer felállítását, melynek jelenleg csak az alapjai vannak meg. Bemutatásra kerülnek a hatályos lajstromozási egyezmény hiányosságai, valamint az EU új stratégiájának releváns céljai.

Légtér és világűr elhatárolása

A szuborbitális repülések új virágzásával felmerül: légi vagy űrtevékenységről beszélünk-e? Hol húzható meg jogilag a légtér és világűr határa? Ki minősül űrhajósnak? Ezen összefüggő problémákat a Bezos / Branson féle űrgrások példáján elemzem jogi szempontból.

# Kárpátalja regionális léptékű felszín deformációjának monitorozása InSAR technológiával

Magyar Bálint<sup>1,2</sup>, Horváth Roland<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lechner Nonprofit Kft., Kozmikus Geodéziai Observatórium  
**balint.magyar@lechnerkozpont.hu**

<sup>2</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar,  
Általános-és Felsőgeodéziai Tanszék

Az európai szomszédságpolitika (ENI) megerősítését szolgálja a Határon Átnyúló Együttműködési Program (2014-2020), amelyhez Magyarország, Szlovákia, Románia és Ukrajna is csatlakozott a GEOSSES projekten keresztül az Európai Unió támogatásával. A projekt a négy ország kárpátaljai határvidékének közös kihívásaira fókuszál, melynek alapja egy regionális geomonitoring, ami a természeti és emberi tevékenységek által bekövetkező kockázatok megelőzését, valamint a katasztrófákra és veszélyhelyzetekre irányuló közös fellépést szolgálja. Az elmúlt évtizedekben az ökológiai katasztrófák aránya ebben a régióban is nőtt, amit az is mutat, hogy a földfelszíni mozgások a viszonylag sűrűn lakott területeken, akár mezőgazdasági, ipari (pl. bányaterületek, meddőhányók) és városi környezetben, természetvédelmi területeken is jelen vannak. Ezek mellett az éghajlatváltozás okozta hirtelen és erős meteorológiai események (pl. havazás, heves esőzés) tömegmozgásos folyamatokat hozhatnak létre (pl. földcsuszamlás, sárfolyás), amely a terület társadalmi veszteségét és gazdaságának csökkenését is okozhatja.

A veszélyeztetettség mértéke még nem teljesen ismert, ezért indokolt a recens kockázatok átfogó értékelése, a potenciális felszín deformációk beazonosítása, lokális fókuszterületek felkutatása. Ezen folyamatok megfigyelése és megértése érdekében a műholdas földmegfigyelés egy gyorsan fejlődő technológiáját, az apertúraszintézises műholdradar interferometriát (InSAR) alkalmazzuk, mely karakterisztikájából adódóan nagy pontossággal képes meghatározni a felszín deformációk műholdirányú komponensét.

Ezekből a felszín (közel)vízszintes- és függőleges irányú elmozdulásai vezethetőek le, melyekből meglévő felszíni deformációkat definiálhatunk, amik alapján nagy pontossággal meghatározhatóak a potenciálisan veszélyeztetett területek jövőbeli mozgásainak sebességei is. Az előadásban ismertetésre kerülnek a feldolgozás módszerei és automatizálásának lehetőségei, a munkafolyamat lépései, ami tartalmazza a fejlesztési megoldásokat, továbbá az eredmények analízisét is bemutatjuk.

## Alumínium alapú elektrokémiai cellák

Babcsán Norbert, Babcsánné Kiss Judit, Babcsán Gergely

Innobay Hungay Kft.  
**[norbert.babcsan@innobay.hu](mailto:norbert.babcsan@innobay.hu)**

Az alumínium az űrszerkezetek és űreszközök alapvető szerkezeti anyaga. Az űralkalmazások számára fejlesztették ki a XX. században az Al-Li ötvözeteket. A XXI. század további fejlesztései lassan megnyitják a még könnyebb, úgynevezett hibrid anyagok (pl. alumínium habok) számára is az űralkalmazási lehetőségeket. Az alumínium azonban nemcsak szerkezeti anyag, hanem energiahordozó is. Egy új anyaginnováció a komplex elektrokémiai cella megvalósítása - szabályozottan oxidálódó és nagy fajlagos felületű alumínium alapanyagból, aminek az összetétele és szerkezete is optimalizált - lehet az új magyar anyagtechnológiai űrinnováció. Az induláshoz már számos alumínium alapú akku fejlesztésből meríthet az innovátor. A Phinergy cég az Alcoa-val hozott létre primér akkut és Ga-mal mikroötvözött alumínium gyártásához energia alumínium gyárat. Az Európai Unió az Alion projektben és az izraeli Inensto start-up cég saját új anyag és a végtermékesítésben fejlesztett már földi alkalmazásokra alumínium gombelemet. A tölthető alumínium akku kérdésköre azonban még mindig a Szent Grál kategóriája. Űrkutatás kezdeményezte anyagtechnológiákkal kapcsolatos nemzetközileg is szabadalmaztatott magyar innovációkra (berendezés és egy eljárás) példa a NASA-nak értékesített kristálynövesztésre használt űrkemence, az „űrsör” technológiaként a súlytalanságban is habot gyártani képes ALUHAB anyagtechnológia. A jelen kor klíma problémáinak megoldásához fog hozzájárulni az akkumulátor termékek innovációja. A megoldandó feladat a fajlagosan nagy energiát tartalmazó és biztonságos akkuk fejlesztése. Ennek a legígéretesebb, legnagyobb fajlagos kapacitású és biztonságos tagja az alumínium akku, a kapacitás és töltési teljesítmény növeléséhez pedig az anód habos szerkezete. Az innováció elindításának ideális felülete az űranyagtechnológiai kutatások lehetnek és egy új magyar alumínium űraku fejlesztésének elindítása. A fejlesztések egyben földi alkalmazásokhoz is kapcsolódhatnak, mint a szelektív villamos energiatárolásra alkalmas tölthető akku, a sportolásból energiát biztosító kerékpár akku és a prerotációt is biztosító, így helyből felszálló gírocopter akkumulátora.

## COVID-19 elleni küzdelem és gyógyszerkutatási lehetőségek az űrben

Darvas Ferenc, Mezőhegyi Gergő

InnoStudio Zrt.

**ferenc.darvas@innostudio.org**

Az űrkémiai vonatkozású kutatási, ill. kereskedelmi erőfeszítések hazai tekintetben is kivívták a szakma elismerését a közelmúltban. A apokban kormányhatározatban fogadták el Magyarország Űrstratégiáját, melyben az űrkémia is említésre kerül, amely „forradalmasíthatja például a gyógyszergyártást”. A mikrogravitáció ígéretes lehetőséget kínál új és/vagy hatékonyabb gyógyszerhatóanyagok fejlesztésére és előállítására, ill. azok földi és űrbeli alkalmazására egyaránt.[1] Az elmúlt hónapokban a koronavírus elleni, vakcinák általi védekezés mellett keveset hallhattunk arról, hogy milyen erőfeszítések történtek a már megbetegedett covid-fertőzöttek kezelésére használható új gyógyszerek fejlesztésében. Cégünk a világon elsőként vizsgált egy COVID-ellenes gyógyszert, a remdesivir hatóanyagú Veklury-t és annak újraformulázási lehetőségét az űrben,[2] a gyógyszer alkalmazási kiterjeszhetőségének, hatékonyságának, ill. stabilitásának potenciális növelése céljából.

A Nemzetközi Űrállomáson történt, a gyógyszer segédanyagát (ciklodextrin) gyártó magyar Cyclolabbal közös kutatásban a japán Japan Manned Space Systems Corporation és a belga Space Applications Services cégek űrtechnológiai eszközei biztosították a feltételeket a kísérlet végrehajtásához. A mintákat az amerikai SpaceX Dragon űrhajója szállította az űrállomásra, majd bő egy hónapnyi űrben tartózkodásukat követően vissza a Földre, amelyet követően sor került a minták széleskörű elemzésére. A kísérlet három vonatkozásban is eredményt hozott: a) igazolta, hogy a gyógyszerkutatás és űrtechnológia javasolt kombinációja hatásos és új eredményeket tud hozni, mérsékelt anyagi ráfordítás mellett; b) rámutatott a földi kutatás - űrszállítás - Nemzetközi Űrállomás komplex rendszer metodológiai és szabványosítási hiányosságaira; c) a gyógyszerkutatás, ill. covid-ellenes kutatások számára meglepő és áttörő jelentőségű eredmények születtek, amelyek az előadáson kerülnek ismertetésre. A projekt további fontos eredménye, hogy jelentős pozicionális és üzleti sikereket ígérő nemzetközi együttműködések generált, egyúttal várhatóan megerősíti a hazai űrkutatás pozícióját a legtagabb értelemben vett nemzetközi piacon.

[1] Jones, R.; Darvas, F. & Janáky, Cs. (2017), Nat. Rev. Chem., 1, 0055.

[2] COVID-19 drug research and bio-mining launching to Space Station (esa.int)



## A plazmaszférát leíró termékek kifejlesztése űridőjárási szolgáltatásokhoz

Lichtenberger János<sup>1,2</sup>, Heilig Balázs<sup>3,1</sup>, Anders Jørgensen<sup>4</sup>,  
Steinbach Péter<sup>5</sup>, Koroncay Dávid<sup>1</sup>,  
Juhász Lilla<sup>1</sup>, Bendicsek Bendegúz<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék  
**[lityi@sas.elte.hu](mailto:lityi@sas.elte.hu)**

<sup>2</sup>Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet

<sup>3</sup>Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat

<sup>4</sup>New Mexico Institute of Mining and Technology, USA

<sup>5</sup>Eötvös Loránd Kutatói Hálózat-Eötvös Loránd Tudományegyetem,  
Geológiai, Geofizikai és Űrtudományi Kutatócsoport

<sup>6</sup>Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Méréstechnika és  
Információs Rendszerek Tanszék

A plazmaszféra egy dinamikus, tórusz-alakú, a földdel együttforgó tartomány, amelyet hideg (~1 eV) plazma tölt ki. Ez a tartomány folyamatosan kölcsönhat az ionoszférával és a külső magnetoszférával. A plazmaszféra kiterjedését a napszélből eredő és a földdel együttforgó elektromos terek aránya, valamint időben változó földi mágneses tér együttesen határozza meg. A plazmaszféra fontos szerepet játszik az ionoszféra-magnetoszféra rendszer, de különösen a sugárzási övek dinamikájában.

Egy most futó, az ESA által támogatott projekt keretében kifejlesztünk egy sor olyan – ESA terminológiában – terméket, amelyek jellemzik a plazmaszférát és amelyeket közvetlenül fel tudják használni a műhold operátorok, valamint sugárzási övek-, a gyűrűáram- és az ionoszféra-modellek, áttételesen pedig a műhold konstruktőrök, a műholdas távközlés, a műholdas navigáció és a biztosító társaságok is.

A termékek között, amelyek alapjait földi és műholdas mérések adják, lesznek elektron és plazmasűrűség-térképek, plazmaszféra-index, valamint empirikus és adat- asszimilációs plazmaszféra és plazmapauza modellek.

A projekt fontos célja, hogy előkészítse a plazmaszféra termékek integrálását az ESA űridőjárási operatív szolgálatába.

## Űridőjárási termékek fejlesztése a plazmapauza dinamikai jellemzésére

Heilig Balázs<sup>1,2</sup>, Bendicsek Bendegúz<sup>3</sup>, Jan Rauberg<sup>4</sup>,  
Guram Kervalishvili<sup>4</sup>, Claudia Stolle<sup>4</sup>,  
Lichtenberger János<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat  
**heilig.balazs@mbfsz.gov.hu**

<sup>2</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék

<sup>3</sup> Eindhoven University of Technology, Eindhoven, Hollandia

<sup>4</sup> Helmholtz Research Centre for Geosciences GFZ, Potsdam, Németország

Az űrbe telepített technológiák és szolgáltatások számának növekedésével mind fontosabbá válik az űrbeli veszélyhelyzetek, ezek között a szélsőséges űridőjárási események előrejelzése. A pontos előrejelzések egyik előfeltétele az aktuális űridőjárási helyzetkép, az űridőjárást meghatározó folyamatok, paraméterek folyamatos követése. A számos paraméter egyike a Földet körülvevő (hideg) plazma sűrűsége, illetve a Földdel közelítőleg együtt forgó sűrű plazmaszférát a nagyságrendekkel ritkább külső magnetoszférától, a plazmavályútól elhatároló plazmapauza helyzete. Egy nemrég zárult projekt (PRISM) keretében a GFZ-vel együttműködésben olyan termékeket fejlesztettünk ki, amelyek alkalmasak a plazmapauza helyzetében végbemenő változások monitorozására. A termékek az ESA Swarm küldetésének alacsony földpályán végzett mérésein alapulnak. Az ionoszférikus plazmavályú (MIT – mid-latitude ionospheric trough) és az általában vele együtt előforduló emelkedett elektron hőmérséklet (SETE – subauroral electron temperature enhancement) jellemzéséhez a Langmiur-szonda méréseit, az éjféli plazmapauza index származtatásához pedig a nagy felbontású és pontosságú mágneses mérésekből származtatott kis-skálájú erővonal menti áramokat használtuk fel. A felső ionoszférában végzett megfigyelések nem csupán a Földdel együtt forgó plazma külső határának a monitorozására alkalmazhatóak, hanem egyes plume-ok fejlődésének követésére is.

Mindezeket az adatokat, a plazmapauzára vonatkozó in-situ és távérzékelési adatokkal együtt a plazmapauza 2D, dinamikus, neurális hálózaton alapuló modelljének fejlesztéséhez hasznosítjuk. A tervek szerint az elkészült modellt az ESA SSA űridőjárás szolgáltatásába integráljuk.

## A CanSat Hungary műholdépítő verseny kutatórakétáinak műszaki vonatkozásai

Illyés András<sup>1,2,3</sup>, Pálfi Bars<sup>1,3</sup>, Facskó Gábor<sup>2</sup>,  
Opitz Andrea<sup>2</sup>, Németh Zoltán<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CanSat Hungary, Budapest

**andras.illyes@cansathungary.hu**

<sup>2</sup>Wigner Fizikai Kutatóközpont

<sup>3</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A CanSat Hungary egy középiskolás diákoknak szóló, az Európai Űrügynökség CanSat versenyének mintájára létrehozott, műholdépítő verseny. A diákok által tervezett és épített, italosdoboz méretű, saját kísérleteiknek helyt adó műholdszimulációk (az ún. CanSatek) a verseny során kutatórakétákkal kerülnek felbocsátásra, közel 1,5-2 km magasságba. A használt kutatórakéta egy szilárd hajtóanyagú, egyfokozatú, ernyős visszatérítő rendszerrel ellátott konstrukció, amely egy hozzávetőleg 300-350 grammos CanSat légkörbe juttatására alkalmas.

Ebben a tanulmányban összehasonlítjuk a felbocsátásra használt rakéta tervezése során készített szimulációkat a valós környezetben készült mérési eredményekkel, ezáltal pontosítva a rakétatervezéshez használt matematikai modellt.

A rakéta főbb dimenzióinak hozzávetőleges meghatározására saját fejlesztésű, optimumkereső Python algoritmust használtunk, majd a röppálya-szimulációkat RockSim, illetve OpenRocket rakétaszimulációs szoftverek segítségével végeztük. A rakétaszimulációs szoftverekkel kielégítő pontossággal kaptuk vissza a mérési eredmények értékeit. Megjegyzendő, hogy a RockSim és az OpenRocket szoftverek némiképp eltérő metódust használnak a rakéta nyomásközéppontjának számítására, így a rakéta stabilitásával kapcsolatban kismértékben eltérő eredményeket adnak. További érdekesség, hogy az OpenRocket szoftver a rakéta visszatérésekor nem megfelelően számol a rakétatest közegellenállásával, így a valóságban lassabban ereszkedik a rakéta a szimulációkban kapott eredményekhez képest, ezt pedig figyelembe kell venni az ejtőernyő méretezésekor, hiszen a túlságosan lassú ereszkedés okozhatja az eszköz indítási helyszíntől való távolra sodródását.

## A dinamikus napszélnyomás hatása a közepes energiájú, üstökös eredetű ionokra a 67P magnetoszférájában

Timár Anikó, Németh Zoltán, Szegő Károly

Wigner Fizikai Kutatóközpont, Részecske és Magfizikai Intézet,  
Úrfizikai és Úrtechnikai Osztály  
**timar.aniko@wigner.hu**

A Rosetta űrszonda, mélyen a 67P/Churyumov-Gerasimenko üstökös magnetoszférájában haladva üstökös eredetű, közepes energiájú ionokat figyelt meg maga körül. Ezeket az energikus ionokat feltehetően az üstökös magnetoszféra külső régióiban gyorsító mechanizmusok gyorsítják fel, miközben azok a Nap irányával ellentétesen, az üstökös irányába mozognak.

Az ionok az alacsony energiájú ionháttérből kiemelkedve egy új populációként jelennek meg a Rosetta által mért ionspektrumban, pár óra vagy nap leforgása alatt 50-1000 eV energiákra gyorsulnak. Ezután hasonló időskálán, fokozatosan lelassulnak, mielőtt a populáció ismét eltűnik a mért adatokról, ahogy a maghoz közeledve, a sűrű semleges kómába érve az ionok lelassulnak. Jelenlétük alatt a körülbelül 10 eV-os, alacsony energiájú ionháttér jellemzően kiürül, ezen ionok eltűnnek az észlelésekből.

Hogy megmagyarázzuk az ionspektrumok megfigyelt időbeli alakulását, megvizsgáltuk az ionok tulajdonságait, az ioneseményeket kísérő változásokat az üstökös magnetoszférájában, valamint az üstökös körüli napszél dinamikus nyomásának hatását ezen ionokra. Megmutatjuk, hogy összefüggés van az üstökös körüli napszél dinamikus nyomása és a közepes energiájú ionok Rosetta által észlelt energiája között: mikor a napszélnyomás megnövekszik, a gyorsított ionok mért energiája szintén megnő. A jelenség kétféleképpen is magyarázható: egyrészt elképzelhető, hogy a napszél dinamikus nyomásának változása befolyásolja ezeknek az ionoknak az energiáját. Másrészt az is lehetséges, hogy mikor a napszélnyomás hatására az üstökös magnetoszférája összenyomódik, ezen ionok keletkezési helye szintén a mag, és ezzel a Rosetta irányába tolódik, így az ionok bekerülnek az űrszonda környezetébe.

## ELF-viharok ég fölött és föld alatt

Bór József<sup>1</sup>, Szabóné André Karolina<sup>1</sup>, Novák Attila<sup>1</sup>, Bozóki Tamás<sup>1,2</sup>, Janusz Mlynarczyk<sup>3</sup>, Steinbach Péter<sup>4,5</sup>, Lemperger István<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet

**bor.jozsef@epss.hu**

<sup>2</sup> Szegedi Tudományegyetem, Környezettudományi Doktori Iskola,

<sup>3</sup> Institute of Electronics, AGH University of Science and Technology, Krakko

<sup>4</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék,

<sup>5</sup> Eötvös Loránd Kutatói Hálózat-Eötvös Loránd Tudományegyetem, Geológiai, Geofizikai és Űrtudományi Kutatócsoport

Az ELF-viharok (ELF-bursts) intenzív villámkisülések során keletkező extrém alacsonyfrekvenciás (ELF, 3-3000 Hz) hullámcsomagok valamely megfigyelőhelyen áthaladáskor észlelt jelei. Az alsó néhány Schumannrezonancia módust kiemelten hordozó ELF viharok a Q-viharok (Q-bursts). A viszonylag nagy energia és az alacsony csillapítás miatt a forrásuktól távol is jól észlelhető jelek energiája túlnyomó részben az elektromosan jó vezetőnek tekinthető földfelszín és az alsó ionoszféra által határolt hullámvezetőben marad. E globális hullámvezetőt határoló rétegek azonban nem tökéletes vezetők, így az ELF hullámok behatolnak a szárazföld és a tengerek, óceánok felszíne alá, valamint az ionoszférába is, illetve a világűrben is észlelhetők. Az előadás bemutatja az ELF whistlereket [1,2], amelyek gyakorlatilag világűrben is észlelhető ELF viharok, valamint kiemelten tárgyalja a Q-viharok földfelszín alatti és földfelszíni regisztrálásának összehasonlítása alapján levont következtetéseket. Az utóbbi kutatás alapjául szolgáló mérések a föld alatt elhelyezkedő Mátrai Gravitációs és Geofizikai Laboratórium (MGGL) egy vágatában 140 m mélyen, valamint a fölette levő terepen történtek 2018 márciusában [3]. A két helyszínen átfedés nélkül, különböző időszakokban felvett regisztrátumok kiértékeléséhez független, permanens ELF mérőállomások (Széchenyi István Geofizikai Observatórium (NCK) és Hylaty állomás, Lengyelország) adatait használtuk fel. Az ELF sávban észlelhető tranziens zavarok közül a Q-viharokat a forrásvillám-kisülésük azonosításával válogattuk ki. Ehhez felhasználtuk a World Wide Lightning Location Network (WWLLN) adatbázisát. Az eredmények alapján a MGGL fölötti földkéreg átlagos fajlagos ellenállása kb. 70  $\Omega$ m, amely a Mátrára jellemző andezites alapkőzetekénél lényegesen alacsonyabb. A kapott érték illeszkedik a területen függetlenül felvett magnetotellurikus mérések eredményeihez, de felhívja a figyelmet nagyobb vezetőképességű talajrétegek esetleges jelenlétére a felszín közelében. Ilyen rétegek előfordulásakor a magnetotellurikus módszerrel egy vastagabb felső közetrétegre kapható átlagos fajlagos ellenállás nem feltétlenül érvényes a felszín közelében.

- [1] Wang et al., 2011, Wave mode of the low-latitudinal ELF-whistlers, J. Geophys. Res., doi:10.1029/2011JA016832
- [2] Coisson et al., 2021, Observation and modelling of whistlers in the ELF as observed by Swarm satellites during regular ASM burst sessions, EGU General Assembly 2021, doi:10.5194/egusphere-egu21-12740
- [3] Ván et al., 2019, Long term measurements from the Mátra Gravitational and Geophysical Laboratory, The European Physical Journal, doi: 10.1140/epjst/e2019-900153-1

## A háttér-napszél a belső helioszférában

Opitz Andrea, Timár Anikó, Németh Zoltán

Wigner Fizikai Kutatóközpont

**opitz.andrea@wigner.hu**

A helioszféra folyamatainak és a bolygók plazmakörnyezetének kutatásához elengedhetetlen a háttér-napszél ismerete. Csoportunk számos űrszonda mérését feldolgozva vizsgálja a napszél paraméterek térbeli és időbeli alakulását a belső helioszférában. Saját készítésű, valamint külső forrásokból származó katalógusok segítségével megtisztítjuk az űrszondás napszél méréseket a tranziens jelenségektől, majd ezen háttér napszél adatokat propagáljuk a helioszféra bármely pontjára. A propagációhoz többnyire az egyszerű ballisztikus módszert használjuk, amelyet a lassú-gyors napszél találkozáskor kialakuló kölcsönhatási régiókban a két napszél plazma közti dinamikus nyomás különbséget figyelembe véve korrigálunk. Ezen munka eredményeit bolygókutatásra és új űrszondák előkészítésére is felhasználjuk.

Munkánk során vizsgáljuk a napszél forrásának változékonyságát, pontosabban a nem-változékonyságát (perzisztencia), azaz hogy a napszél struktúrák mennyi ideig maradnak közel változatlanok. Eredményeink fontos bemenő adatokat szolgáltatnak a komplex helioszféra modelleknek.

## Direkciós diszkontinuitások a belső helioszférában

Madár Ákos<sup>1,2</sup>, Erdős Géza<sup>1</sup>, Opitz Andrea<sup>1</sup>, Németh Zoltán<sup>1</sup>, Facskó Gábor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Wigner Fizikai Kutatóközpont

<sup>2</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem

**madar.akos@wigner.hu**

A helioszférában jelenlévő MHD diszkontinuitások számos tanulmány tárgyát képezték azóta, hogy az első in-situ méréseket elvégezték az interplanetáris térben. Ezek a napszél fizikai paramétereinek (mágneses mezejének, sebességének, hőmérsékletének stb.) hirtelen változásai. A rotációs és tangenciális diszkontinuitások (közös nevükön direkciós diszkontinuitások - DD-k) rendkívül gyakran előforduló - így a sokkok mellett a legfontosabb - ilyen jellegű strukturák a napszélben. Tér- és időbeli eloszlásuk vizsgálata alkalmas arra, hogy többet megtudjunk az olyan plazmában zajló folyamatokról, mint a különböző fűtési mechanizmusok, valamint a turbulencia.

Jelenleg a Parker Solar Probe (PSP) és a Solar Orbiter (SolO) űrszondák segítségével lehetőségünk van a belső helioszféra teljesen új skálákon történő vizsgálatára. Munkánk célja az volt, hogy ezt a lehetőséget kihasználva meghatározzuk a DD-ok számát a Naptól való távolság függvényében. Ehhez a PSP FIELDS és SWEAP valamint a SolO MAG és SWA műszereinek mágneses mező, illetve plazma sebesség adatait használtuk fel. A diszkontinuitások kiválasztása nem magától értetődő feladat, hiszen a plazma tulajdonságainak hirtelen változása önkényesen meghatározható, nem pontosan definiált fogalom. Emellett az egy űrszondával történő mérésekből való kiválasztás sem triviális. Az általunk használt módszer Erdős és Balogh korábbi munkáján alapszik, mely minimum variancia analízist használ, emellett figyelembe veszi a diszkontinuitás irányát is. A térbeli eloszlás mellett a napszél sebességétől való függés meghatározása szintén részét képezte vizsgálatunknak.

Eredményeink összhangban vannak korábbi hasonló tanulmányokéval, a Naptól való távolság csökkenésével növekvő számú DD-t találtunk. Továbbra is kérdéses, hogy pontosan milyen mechanizmus okozza ezt az eloszlást.



# Egy szokatlan kvazár vizsgálata földi és űrtávcsövekkel

Perger Krisztina<sup>1</sup>, Frey Sándor<sup>1,2</sup>, Gabányi Krisztina Éva<sup>1,3,4</sup>

<sup>1</sup> Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Konkoly Thege Miklós  
Csillagászati Intézet

**perger.krisztina@csfk.org**

<sup>2</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Fizika Intézet

<sup>3</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Csillagászati Tanszék

<sup>3</sup> Eötvös Loránd Kutatói Hálózat-Eötvös Loránd Tudományegyetem,  
Extragalaktikus Asztrfizika Kutatócsoport

A PMN J0909+0354 jelű távoli kvazár (vöröseltolódása  $z=3.288$ ) kettős rádióforrásként (mag és észak-északnyugati komponens) volt ismert a Very Large Array (VLA) rádiótávcső-hálózat kiloparszek skálájú (0,5" szögfelbontású) térképein. A hasonló felbontással rendelkező Chandra űrtávcső nagy vöröseltolódású aktív galaxismagok megismerésére folytatott mérései azonban (a korábban ismert kettős mellett) felfedtek egy további, északkeleti irányban azonosítható röntgenforrást. Annak érdekében, hogy a kvazár relativisztikus nyalábjának empirikus és fizikai tulajdonságait meghatározzuk, további méréseket végeztünk a nagyon hosszú bázisvonalú interferometria (VLBI) módszerét alkalmazó Európai VLBI Hálózat (EVN) rádiótávcsöveivel és a Chandra űrtávcsővel. A vizsgálathoz továbbá számos különböző archív mérési adatot is felhasználtunk rádió- (VLA, globális VLBI hálózat, Very Long Baseline Array/VLBA), röntgen- (Swift műhold), látható (Dark Energy Camera Legacy Survey, Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System) és közép-infravörös (Wide-field Infrared Survey Explorer műhold) tartományban. A rádió- (VLA, globális VLBI, VLBA, EVN) és röntgenadatok (Chandra) térképezése és az azokra illesztett modellek alapján megállapítottuk, hogy a kvazár fő komponense az észak-északnyugati rádiókomponenssel áll kapcsolatban. A nagy szögfelbontású VLBI mérésekből készített térképeken a rádiónyaláb ~250 parszek távolságig követhető, a parszek és kiloparszek skálák között ~30°-kal elfordul. A kvazár rádióemissziójában jelentős (~30%-os) változékonyságot mutat, minden mérési időpontban számottevő mértékű relativisztikus Doppler-erősítés figyelhető meg a fő komponens sugárzásában, és a rádiónyaláb észlelőre vonatkoztatott dőlésszöge kisebb mint 23°. A fentiek alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a J0909+0354 objektum a blazárok csoportjába tartozik. A látható tartományú azonosítás és a rádióinterferométeres mérések alapján az északkeleti röntgenkomponens nem áll kapcsolatban a kvazár relativisztikus nyalábjával, azonban a mindhárom szerkezeti elemet körülölelő, ~160 kiloparszek kiterjedésű közép-infravörös sugárzás alapján nem zárható ki, hogy valamiféle fizikai kapcsolat van a J0909+0354 és az „új” komponens között.

# **A konferencián bemutatott poszterek összefoglalói**

**(a poszter előadások sorrendjében)**



## A nagycenki Széchenyi István Geofizikai Obszervatóriumban folyó, hat évtizednyi légköri elektromos térerősség mérések bemutatása

Buzás Attila<sup>1,2</sup>, Bozóki Tamás<sup>1,3</sup>, Bór József<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet

**buzas.attila@epss.hu**

<sup>2</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földtudományi Doktori Iskola

<sup>3</sup>Szegedi Tudományegyetem, Környezettudományi Doktori Iskola

A földi légkörben a különböző időskálákon zajló, változatos térbeli kiterjedésű környezeti folyamatok jelentős részének van közvetlen vagy közvetett elektromos vonatkozása. A légkör elektromos tulajdonságainak megfigyelése és a mérhető paraméterek változásának követése ezáltal viszonylag egyszerű és költséghatékony módon teszi lehetővé az ilyen folyamatok tanulmányozását. A légköri elektromosság egyik legismertebb és világszerte mért kvázi-egyenáramú paramétere a légköri elektromos potenciálgradiens (PG), amely a vertikális elektromos térerősség ellentettje [1]. Folytonos monitorozásával ideális esetben képet kaphatunk a földi elektromos környezetben lezajló globális változásokról. Az előadás célja a nagycenki Széchenyi István Geofizikai Obszervatóriumban immár hat évtizede, 1961 óta mért PG adatok bemutatása. Egy mérőhelyspecifikus zavaró hatás (a közeli fák időfüggő, elektrosztatikus árnyékoló hatása) numerikus modellezésen alapuló eltávolítását követően bemutatjuk a nagycenki PG idősorok valós hosszú távú változásának elemzését [2]. Az adatokat különböző napszakok és évszakok szerinti bontásban is vizsgáljuk, ami lehetővé teszi a globális reprezentativitás szempontjából előnyösebb időszakok kiválasztását. A különböző időskálájú periodicitások és variációk (pl. napi és éves variáció) vizsgálatán keresztül azonosítjuk a felszín közelében mért elektromos teret befolyásoló elektromos folyamatokat a légkörben, a földközeli térségben és a bolygóközi térben.

[1] Rycroft, M. J., Israelsson, S., and Price, C. (2000): The global atmospheric electric circuit, solar activity and climate change. *J. of Atm. Sol.-Ter. Phys.*, 62(17-18):1563-1576.

[2] Buzás, A., Barta, V., Horváth, T., and Bór, J. (2021): Revisiting the long-term decreasing trend of atmospheric electric potential gradient measured at Nagycenk, Hungary, Central Europe. *Annales Geophysicae*, 39(627-640), <https://doi.org/10.5194/angeo-39-627-2021>.

# Statisztikai eszközök űrbéli kvantum véletlenszám-generátorokhoz

Solymos Balázs, Bacsárdi László

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Villamosmérnöki és Informatikai Kar,  
Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék  
**[solymosb@hit.bme.hu](mailto:solymosb@hit.bme.hu)**

Jó minőségű véletlen számokra az elterjedtebb hagyományos biztonságtechnikai és szimulációs alkalmazásokon túl az űrszektorban is szükség lehet különböző kommunikációs célokra, így akár műholdas környezetben működő biztonságos entrópiaforrásokra is. Kvantum véletlenszám-generátorok vonzó megoldást kínálnak, különösen biztonságkritikus helyzetekben, hiszen működésük alapjául a fizika törvényei által bizonyítottan véletlen kvantummechanikai folyamatokat használnak. A kvantum optika fejlődésével ezen eszközök egyre elérhetőbbé válnak. Előnyük, hogy gyakran technológiában, illetve felhasznált építőelemekben más kvantumos kísérleti technológiákkal is osztoznak (pl.: kvantum kulcsszétosztás), emiatt potenciálisan könnyebb az egyes építőelemek űrbéli viselkedéséről az adatgyűjtés, valamint lehetőség nyílik küldetések tervezésére melyek során egy adott eszközkészlet több kísérletet is meg tud valósítani. Ez utóbbi különösen előnyös a manapság népszerű Cubesat küldetésformátumnál, a korlátozott méret miatt. A valós gyakorlati megvalósítás tökéletlenségei, valamint az űrbéli környezet természetesen ezeket az új kvantumos eszközöket is terhelik. Műholdakon tapasztalható jelenségek, mint a megnövekedett sugárzás vagy hőmérséklet ingadozás építőelemekre gyakorolt hatása nem elhanyagolható, így az ezekből származó esetleges hibás működést érzékelni és javítani kell. Jellegéből adódóan a véletlen működést nem lehet teljes biztonsággal ellenőrizni, azonban léteznek statisztikai módszerek, amikhez ilyen helyzetekben is megfelelő megoldást nyújthatnak. Elérhetőek kifejezetten generátorok tesztelésére készített statisztikai csomagok, azonban futtatásuk erőforrásigényes, űrbéli alkalmazhatóságuk korlátozott, mivel műholdas környezetben ezen igény kielégítése költséges. Teljes csomagok használata így sokszor nem költséghatékony, azonban az ezekben található módszerek egy megfelelően kiválasztott optimalizált alkalmazása ilyen esetekben is megoldást nyújthat. Ehhez a csomagok és a bennük alkalmazott módszerek alaposabb vizsgálata szükséges. Ezt mi a tanszéki optikai kvantumos véletlenszám-generátorhoz készült keretrendszer segítségével végeztük, hogy felderítsük milyen statisztikai módszerek adhatnak űrbéli környezetben is használható megoldásokat. Az eredmények továbbá általános véletlen kimenet esetén is alkalmazhatóak.

# Magyar közreműködés az MMX-űrszonda előkészítésében

Pál Bernadett<sup>1,2</sup>, Kereszturi Ákos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont,  
Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet  
**pal.bernadett@csfk.org**

<sup>2</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Fizika Doktori Iskola

A Mars holdjaihoz induló japán Martian Moons eXploration (MMX) űrszonda első alkalommal tervez leszállni és mintát venni a Phobosról. A sikeres mintavételhez minél jobban ismerni kell a célpont felszínét borító regolit fizikai jellemzőit, melynek egyik fontos tulajdonsága a szemcsék hőtárolási, hővezetési képességét jellemző, a szemcsemérettel is összefüggő hőtehetetlenség. A Tempus Közalapítvány Campus Mundi pályázatának segítségével kapcsolódó kísérleteket végeztünk a JAXA/ISAS Sagami-hara városában található laboratóriumában a Tokyo University fejlesztette UTPS-TB (University of Tokyo Phobos Simulant Tagish lake Based) Phobos regolitszimulánsal, amit termodinamikai modellszámításokkal értelmeztünk. A kísérlet során az UTPS-TB mintát ultrahangos szitával kétféle szemcseméret-tartományra válogattuk, <500  $\mu\text{m}$ , illetve <106  $\mu\text{m}$ -re, majd 24 órán keresztül +100 °C-on szárítottuk. A mérés során vonal-hőforrás módszerével határoztuk meg a hőtehetetlenséget, ehhez a mintatartó dobozokban 180  $\mu\text{m}$  átmérőjű nikróm vezetékot használtunk fűtőszálként. A kísérletet termosztatikus vákuumkamrában végeztük, ahol közel vákuumban átlagosan 2 napig fűtöttük vagy hűtöttük a mintát -70 °C, -25 °C, +15 °C és +60 °C hőmérsékletekre. Az eredmények alapján az 500  $\mu\text{m}$  és annál kisebb szemcseméretű minta hőtehetetlensége a Phobos és a Hold felszíni regolit takarójára jellemző értékek körül mozog, míg a 106  $\mu\text{m}$  és kisebb szemcseméretű inkább a Hold felszíntakarójához hasonlít. Ebből következhet az, hogy a Phobos (és várhatóan a Deimos) holdakat borító törmelék takaró szemcsemérete nagyobb a kísérletben vizsgálnál; de az is okozhatja az eltérést, hogy az ottani regolit sűrűsége nagyobb. Ezután a japán kutató kollégák az UTPS-TB minta helyett üveggyönggyel folytatták a kísérleteket, a különböző sűrűségek hatásainak mérése céljából. Az UTPS-TB minta reflektancia spektrumát magyarországi laboratóriumában diffúz reflexiós (DRIFT) módszerrel rögzítettük az ÚNKP-19-3- I-ELTE-186 pályázat támogatásával. Következő lépésként a legizgalmasabb méréseket tervezzük: a Phobos regolitja kis mennyiségben tartalmaz marsfelszíni törmeléket, amelynek jelenléte módosíthatja a hőtani viselkedést és egyéb jellemzőket, melynek hazai laborokban történő vizsgálata bekapcsolódási lehetőséget biztosít az MMX küldetésbe.

## Tavaszi jégfoltok keresése a Mars déli féltekéjén

Gergácza Mira Anna<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem

<sup>2</sup> Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont

Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet

**gergaczmira30@gmail.com**

Ennek a munkának a célja olyan jégfoltok keresése űrszondás felvételek alapján a Mars felszínén, amelyek viszonylag meleg környezetben is megmaradnak a felszínen, és az sem kizárt, hogy ideális esetben akár cseppfolyóssá is válhatnak. Mivel a bolygó légkörének és felszíni törmelék takarójának kicsi a hővezetőképessége, ezért a zsugorodó pólussapka visszahúzódása után is maradhatnak kisebb jégfoltok a felszínen ott, ahol gyenge megvilágítást kaptak, például lejtőszög vagy árnyékoló felszínformák miatt. Az ilyen területeket is eléri végül a napfény, ilyenkor a jég gyorsan melegezhet — egyelőre nem tudni, hogy ekkor megjelenhet-e cseppfolyós fázis vagy sem.

A munka során először a Mars déli féltekéjén az évszakos pólussapka visszahúzódása után megmaradt jégfoltokat azonosítottam a Mars Reconnaissance Orbiter-szonda optikai felvételein a JMars szoftverrel, majd előfordulásukat és jellemzőiket statisztikailag vizsgáltam. Számunkra érdekes, kisebb jégfoltokat 145-től 200 solar longitude érték között a déli tavasz és nyár idején a  $-40^\circ$  és  $-60^\circ$  földrajzi szélesség között találhatunk. A csak kisebb világos területeket mutató, kiszűrt képeket végül csoportosítottam azonosítás megbízhatósága alapján. Egyelőre 39-ből 29 megfelelő képet jegyeztem fel, ezek jellemzően  $-40^\circ$  és  $-50^\circ$  földrajzi szélesség között helyezkednek el, rajtuk kisebb jég 150-180 solar longitude évszakos fázis között figyelhető meg. A legtöbb jégfoltot árnyékoló hatású felszínformáknál találtam, pontosabban kráterekben vagy azok északi oldalában, illetve dimbes-dombos formák déli részén. Ezen túl sokszor mutatkoztak sziklaszerű fehér foltok is, ezeket azonban nem azonosítottam biztos jégelőfordulásként.

A kutatómunka a továbbiakban segít az esetleges vízelőforulás helyének és idejének a becslésében, ezzel pedig a következő űrszondás programok tervezésében, valamint az esetleges cseppfolyós fázis nyomán fellépett felszíni mállás helyszíneinek azonosításában.

## Mars Rover Modell verseny – A Pandémia Kihívás

Vizi Pál Gábor<sup>1</sup>, Sipos Attila<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Energiatudományi Kutatóközpont,  
Műszaki-Tudományos Szakértői Szervezet, Űrtechnika

**vizi.pal.gabor@ek-cer.hu**

<sup>2</sup>Magyarok a Marson Verseny

Versenyünket 2020 tavaszán a járvány első hulláma, majd ősszel a második miatt kellett törölni, így kértük a csapatokat, hogy online anyagot küldjenek a megoldásaikról. Versenyünket bemutattuk az LPSC [1] és hazai konferenciákon.[2] Idei célja a mechanikai 3D tudás és nyomtatás, egy rover és manipulátorai használata.[1] A kerettörténet szerint a Mentőexpedíció sci-fi Mark Watney-jét kellett kimenteni, e film harmada Magyarországon készült. Egy világjárvány esetén is meg kellett találnunk az előnyt, amit a verseny javára fordítottunk, így láthattuk a csoportok fejlesztési és tesztelési fázisait. Most az első három csapat mind első helyezett lett KissBé: „év nyertese”. Általános és középiskolás diákok és egy robotika tanár édesapa. A robot: 4 kerék meghajtás. 3 cellás LiPo akku 2000 mAh. Markoló egy tartályba gyűjt gombnyomásra. Automa gyorsulás. 180 fokos FPV kamera. A mintavevő karon két végálláskapcsoló. 3 Arduino: motorvezérlő, központi egység HC-12 vevővel, TowerPro MicroServo 99S, lézeres távmérő, moduláris felépítés. A gyűjtőkar mentette ki Watney-t. G90.[3] DeltA2: „év bajnoka”. Az első versenyző 2010 -ben kezdte az egyetemet, ő és csapata tagjai kiváló helyezéseket értek el az évek során. A DeltA2 is Arduino készletekkel dolgozott. 28BYJ-48 léptető motor ULN2003 meghajtóval. Az Autodesk Fusion 360 a 3D nyomtatáshoz és végig a tervezés folyamán. A robotkar programozása és tesztfázisok nyomon követhetők a videójukon, a képernyőjükön az Arduino Developing használata.[4] μ-troll: „év győztese”. A csapat tagjait a Mars Mining Corporation (MMC) ösztönözte és tanította – amely a később nemzetközi sikereket elért Rescube csapat és vállalkozás[2]. A μ-troll csoport 2015-ben indult, azóta az első ötben voltak. Arduino CNC-Shield panel, TowerPro sg90 szervó180 és ZIPPY Flightmax 1500mAh Li-ion akkuk a tartós igénybevételhez.[5] Konklúzió: 2020 a „mentési kötelezettség” éve, menteni kellett a bajba kerültet, Watneyt és magát a Magyarok a Marson versenyt is, hogy a pandémia korlátozásai ellenére működőképes lehetett.

[1]Sipos A.,Vizi P. G.: LPSC53#1311 [www.hou.usra.edu/meetings/lpsc2021/pdf/1311.pdf](http://www.hou.usra.edu/meetings/lpsc2021/pdf/1311.pdf)

[2]Vizi P. G. et al.: Szimulált Rover H-SPACE2017, p48.

[3]KissBé:(2020) [youtu.be/AJb45PRINVY](https://youtu.be/AJb45PRINVY)

[4]DeltA2:(2020) [youtu.be/S9O-61KHj8o](https://youtu.be/S9O-61KHj8o)

[5]μ-troll:(2020) [youtu.be/ivxhrDbrKaw](https://youtu.be/ivxhrDbrKaw)

# Sentinel-1 SAR-műholdak felvételeinek radarinterferometriás feldolgozása során jelentkező tranziens légköri jelenségek hatásainak vizsgálata

Szárnya Csilla, Bozsó István, Szűcs Eszter, Wesztergom Viktor

Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet  
**szarnya.csilla@epss.hu**

Az elmúlt évtizedekben az ürgeodéziai módszerek fejlődésével a bolygófelszín dinamikai folyamatainak a korábbiaknál jóval pontosabb megfigyelése vált lehetővé. A különböző SAR-műholdak, a globális navigációs rendszerekhez hasonlóan, a mikrohullámú frekvencia különböző tartományaiban (1-10 GHz) végzik észleléseiket. A Föld légköre a mikrohullámú jel szempontjából átlátszó, azonban a közegben a hullámterjedést (terjedési irány és sebesség) befolyásoló tényezők időben változók, a közeg anizotróp, inhomogén és az ionosféra esetében diszperzív is. Az ezek következtében fellépő jelkésleltetés a feldolgozás során elmozdulásként értékelődik ki, melynek mértéke több tíz méter is lehet.

Ahhoz, hogy a műholdas adatokból származtatott elmozdulás értékekből a tényleges földfizikai folyamatokról kapjunk információt, a hullámterjedést ért hatásokat is figyelembe kell venni. A néhány mm/év nagyságrendű sebességgel jellemezhető folyamatok detektálására a radarinterferometriai módszerek kiváltképp alkalmasak, de ebben korlátot jelent a hullámterjedésben jelentkező jelkésleltetés kvantitatív ismeretének hiánya, ami regionális léptékű folyamatok vizsgálatában kiemelt jelentőséggel bír. A jelterjedésre a semleges légkörben a vízgőz okozta refrakció fejt ki a legnagyobb torzítást, és aminek korrekcióját a vízgőztartalom dinamikus változása, valamint a vízgőz légköri mennyiségének pontatlan ismerete nehezíti meg. Az ionoszférában a Faraday-rotáció és az elektronsűrűségtől függő refrakció mellett a közeg diszperzív jellege is további hibaforrásokat szolgáltat.

A tranziens légköri jelenségek (front- és zivatarrendszerek, ionoszférikus zavarok, szporadikus E-rétegek, stb.), melyek túlnyomó részt inhomogén természetűek, tovább nehezítik a korrekciót, de ugyanakkor kiváló lehetőség is nyílik ezek tanulmányozására. A Sentinel-1 műholdfelvételek képmérete 250 km x 250 km, és ezen képek felbontása 5 m x 20 m. Ez kiváltképp hasznos tud lenni a nehezen tanulmányozható ionoszférikus inhomogenitások esetében. A július-szeptember közötti időszak rendkívül kedvező a különböző légköri jelenségek vizsgálatához. 2018-as Sentinel-1 felvételek felhasználásával, a soproni digiszonda méréseivel, valamint meteorológiai műholdak képeivel több ilyen légköri eredetű hatást is sikerült beazonosítani.



# Geotechnikai paraméterek elemzése a holdi regolit fúrásos mintavételéhez

Novák Roland<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Csillagászati Tanszék

<sup>2</sup> Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont

Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet

**rolandnovak@student.elte.hu**

A holdi felszínt egységesen az úgynevezett regolit borítja. Ez a laza, nagyrészt heterogén „talaj”, a Hold elmúlt 4.6 milliárd éves élettartama alatt folyamatosan keletkezett, a szüntelen mikro- és makrobecsapódások, valamint besugárzások és hőmérsékletváltozások által folyamatosan formálva. Az Orosz-ESA együttműködésben készülő Luna-27 űrszonda sarkvidéki fúrásainak tervezéséhez és kivitelezéséhez fontos a regolit geotechnikai viselkedésének megértése, ami a fő fizikai és mechanikai tulajdonságait jellemzi. Ezek vizsgálatára háromféle módon kerülhet sor: helyszíni mintavételezéssel (NASA Apollo missziók, szovjet Luna program helyszíni méréseivel), illetve távmegfigyelési módszerekkel (NASA – LRO, JAXA – Kaguya, stb), valamint labormérések is közreműködhetnek ebben. egkülönböztethetőek elsőrendű és másodrendű geotechnikai paraméterek: *A regolit szemcsék morfológiája*: erősen függ az adott szemcse korától, érettségétől (maturity), az idősődéssel az egyes szemcsék felszíne egyre simább lesz, alakjuk a lekerekített alaktól az egészen extrém módon szögletesig változhat. *Szemcseméret eloszlás*: a szemcsék elégtelen keveredése jellemző (főleg a földi, laza, üledékes talajokhoz képest). A szemcseméretet az összetapadás növeli, a mikrometeorit becsapódások tördelő hatása csökkenti. *Sűrűség*: vizsgálható egyes szemcsékre, vagy pedig alkotóinak együttes térfogatsűrűségére is. Utóbbi (főként Apollo fúrómagok alapján), a mélységgel meredeken nő. *Porozitás*: függ az egyes szemcsék közötti távolságról, illetve magukban a szemcsékben található üregektől is. Releváns paraméter a kráter szélek és kráterek közötti tér jellemzése esetén is, mivel jelentős eltéréseket mutathat a két régió esetében.

Kutatási irány: térképi ábrázolás keretében az alábbi paramétereket elemzem az MSC diplomamunkámban (H82 POLICETECH ESA projekt támogatásával): *OMAT* (optical maturity): a Clementine szonda adatai alapján alkotott paraméter, miszerint kapcsolat van a felület érettsége és FeO tartalma között. Segítségével a holdi felületek érettsége, relatív koruk jellemezhető. *CPR* (circular polarization ratio): radarmérésekből (pl.: Mini-SAR) nyert paraméter, a magas CPR érték vagy fiatal kráterre, vagy felszín alatti jégtartalomra utal. *Nanofázisú vas gyakorisága*: a japán SELENE/Kaguya misszió során, az SP (Spectral Profiler) által rögzített, a déli pólust is lefedő, spektrális mérések felhasználása a FeO, illetve közvetetten a nanofázisú vas tartalom megállapítása érdekében.

## Kozmikus hatások és kockázatok - meteortevékenység Magyarország felett 2020-2021-ben

Deme Livia, Sárneczky Krisztián, Igaz Anta<sup>1</sup>, Opitz  
Nándor, Csák Balázs, Egei Nóra, Vinkó József

Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont  
Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet  
**sarneczky.krisztian@csfk.org**

A CSFK "Kozmikus Hatások és Kockázatok" című GINOP projektjének keretében egy országos lefedettséget elérő, modernizált, automata meteorkamerarendszer épült ki.

A rendszerhez tartozó kamerák többféle konfigurációban üzemelnek, annak érdekében, hogy minél teljesebb képet kapjunk a nagyon különböző fényességű és időtartamú jelenségekről. Jelenleg 6 telephelyen (Budapest, Pizskéstető, Szombathely, Dévaványa, Becsehely, Hódmezővásárhely) történik rendszeres adatgyűjtés. A mérőrendszer folyamatosan figyeli a magyarországi légtérben történő meteortevékenységet. Az adatokat digitális képek formájában tárolja, amelyeket megfelelő szoftverekkel feldolgozva statisztikai vizsgálatokra is alkalmas adatsorok állíthatók elő.

Ezek közül a megfelelő formátumban készült képeket az International Meteor Organization (IMO) adatbázisába is rendszeresen feltöltjük. Poszterünkön a 2019 december – 2021 augusztus közti másfél év adatait mutatjuk be, különös tekintettel a tűzgömbök, valamint a nem meteorrajhoz tartozó (sporadikus) meteorok gyakoriságára.

## Napszél adatok 3D propagációja

Timár Anikó, Opitz Andrea, Facskó Gábor, Németh Zoltán

Wigner Fizikai Kutatóközpont, Részecske és Magfizikai Intézet,  
Úrfizikai és Űrtechnikai Osztály  
**timar.aniko@wigner.hu**

A napszélparaméterek, mint például a napszélplazma sebessége, sűrűsége és nyomása, az űrfizika egyik legfontosabb tényezői, ismeretük a helioszféra minél több pontjában hozzájárul Naprendszerünk szélesebb megismeréséhez. Jelenleg a napszélmérő műszereket hordozó űrszondák mind az ekliptikában találhatók, de a z ESA Solar Orbiter szondája hamarosan kilép az ekliptikából és a küldetés végére 34 fokos heliocentrikus szélességeket is elérhet. Tehát eddig elegendő volt az ekliptikában repülő űrszondák adatait az ekliptika közelében található égitestekhez extrapolálni. A Solar Orbiter viszont új perspektívát nyit és ehhez nyújt egyszerű, de hatékony segítséget a módszerünk. A napszélparamétereket extrapolációs módszerek segítségével becsüljük meg a Naprendszer különböző pontjaiban. A ballisztikus extrapolációs módszer célja a napszélparaméterek egydimenziós extrapolálása az adatmérés pontjából a vizsgálni kívánt égitestek vagy űrszondák naprendszerbeli helyzetébe. Ez az egyszerű ballisztikus modell egyrészt figyelembe veszi a Nap átlagos forgási periódusát, másrészt a radiális extrapoláció során állandó napszélsébséget feltételezve számítja ki a napszél csomagok érkezését a célpont helyzetéhez. Az egyszerű ballisztikus propagáción felül a modellünk figyelembe veszi a lassú-gyors napszél találkozáskor kialakuló kölcsönhatást is úgy, hogy a két napszél plazma közötti dinamikus nyomás különbséget figyelembe véve korrekciót alkalmazunk. A nyomás-korrigált ballisztikus extrapolációs módszert koronamodellek adataira alkalmazva a napszélparaméterek tulajdonságait három dimenzióban is meghatározzuk a helioszférában. A különböző koronamodellek egy adott naptávolságban, az úgynevezett forrásfelületen határozzák meg többek között a Nap mágneses terének erősségét, a kiáramló napszélplazma hőmérsékletét, sűrűségét és sebességét. A forrásfelületből kiindulva a nyomás-korrigált ballisztikus extrapolációs módszer segítségével a napszélparaméterek a Naprendszer bármely pontjában kiszámíthatók. Bemutatjuk a napszél adatok háromdimenziós egyszerű extrapolációját és összevetjük a magnetohidrodinamikai (MHD) modellek eredményéből származó napszél paraméterekkel. Mindkét modellt valós in situ plazma mérésekkel teszteljük. A nyomás-korrigált ballisztikus módszer eredményei hasonlóak, időnként jobbak is, mint a sokkal számításigényesebb MHD modelleké. A bemutatott nyomás-korrigált ballisztikus módszer előnye, hogy egyszerű, kis számítás igényű és a koronamodellekkel kiegészítve három dimenzióban is gyors és hatékony, segítségével a napszélparaméterek könnyedén és jó megbízhatósággal meghatározhatók nemcsak az ekliptikában, hanem magasabb szélességeken is.

## Egytengelyes magnetométerek összehasonlítása

Domján Ádám, Hegymegi László, Hegymegi Csaba

MinGeo Kft.

**adomjan@mingeo.hu**

A Deklináció Inklináció Magnetométer műszerünket nemcsak a jól bevált (rég) egytengelyes magnetométerével hanem egy saját fejlesztésű és egy másik gyártó magnetométerével is tervezzük árulni. Emiatt meg kell győződnünk arról, hogy az újabb szenzorok vannak-e olyan jók mint a régi. Mivel a vizsgált magnetométerek különböző mV mérési tartományban működnek ebből kifolyólag különböző skála faktorról és ofszettel rendelkeznek. A szenzorok direkt mV kimeneteit át kell váltani nT mértékegységre, hogy az idősorok összehasonlíthatóvá váljanak. Ezért kidolgoztunk egy kísérletet, melyben egyrészt szabályozott keretek között összemérhetjük a szenzorokat egymással másrészt pedig a szenzor paramétereit is meg lehet határozni.

A kísérletet először szintetikus adatokkal modelleztük le, hogy igazoljuk az elgondolásunkat a problémáról. A szintetikus adatelemzésből rájöttünk, hogy pár fontosnak hit mérési körülménynek elenyésző a hatása a mérési adatokra, így ezeknek a kiküszöbölésével a valóságban nem kellett érdemben foglalkozni.

A kísérletet a MinGeo nemmágneses kalibráló házában végeztük el. A vizsgált szenzorokat nemmágneses teodolitok távcsőire szereltük fel. A távcsöveket vízszintes helyzetben mindig a Mágneses Kelet irányába forgattuk, hogy a szenzorok a mágneses nulla teret mérjék. 10 perc statikus mérés után a távcsőre szerelt szenzorokat elforgattuk 10 szögperccel a vízszintes síkban az óramutató járásával megegyező majd pár perccel később 20 szögperccel az óramutató járásával ellentétes forgatási irányba aztán pedig pár perc elteltével megint vissza a kezdeti irányba. A mért adatokat feldolgoztuk, értelmeztük és a végső eredményeket ebben a poszterben fogjuk bemutatni.

## Comet Interceptor – módszer és technológia az ismeretlen üstökös vizsgálatára

Kereszturi Ákos<sup>1</sup>, Gross Péter<sup>2</sup>, Gutay Gergely<sup>2</sup>,  
Sódor Bálint<sup>3</sup>, Tróznai Gábor<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Konkoly Thege Miklós  
Csillagászati Intézet

<sup>2</sup> REMRED Kft

<sup>3</sup> SGF Kft

**kereszturi.akos@csfk.org**

Az ESA Comet Interceptor űrszondájának feladata egy olyan üstökös meglátogatása, amely az óriásbolygók közötti keletkezését és a távoli üstökösfelhőbe lökődését követően elsőként jön a Nap közelébe. Felszíne jellemzői, összetétele a Naprendszer őanyagáról minden korábbinál érdekesebb új ismereteket adhat. Ilyen égitestet még sosem vizsgált űrszonda, hiszen annak felfedezése után alig egy év lenne a szonda elkészítésére és felbocsátására. Ennek megfelelően a Comet Interceptor startja után az L2 Lagrange-pontban fog várakozni, amíg az LSST távcső fel nem fedez egy kedvező pályán mozgó ilyen üstökösöt, amit a szonda is elérheti. A statisztikai becslések alapján erre 3 éven belül sor kerül – az sem kizárt, hogy a Naprendszeren áthaladó csillaközi üstökös lesz az objektum.

A program egyik fontos műszere az az optikai kamera (Comet Camra), amely az üstökösmagot és környezetét megörökíti. A műszer tervezése szokatlan: nem ismert ugyanis sem a célpont mérete, albedója, távolsága és a szondához viszonyított sebessége. Ennek megfelelően a kamerának a megfigyelési paraméterek kifejezetten széles tartományában kell jól üzemelnie, és értékelhető eredményeket produkálnia. A kamera adatfeldolgozó elektronikus egységét (Digital Processing Module, DPM) két magyar cég: a REMRED és az SGF fejleszti és készíti. A szonda programjának kidolgozásában a CSFK vesz részt, továbbá a Wigner RCP és az Admatis Kft. is közreműködik a küldetésben.

# A rendezvény szervezői

## Magyar Asztronautikai Társaság

A Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) jogelődje 1956-ban alakult. Küldetése azóta is változatlan, legfontosabb célkitűzései az



alábbiak: terjeszteni az űrhajózási-űrkutatási ismereteket; egységes magyar szaknyelv kialakítása az asztronautikában; foglalkozni az ifjúsággal, és erősíteni azt az elvet, hogy az űrtan nem csak az űrhajózást jelenti, hanem jelen van mindennapi életünkben: a katasztrófa-előrejelzéstől kezdve a termésbecslésen és a műholdas helymeghatározáson át az orvos- és jogtudományig egyaránt. A MANT az űrkutatás iránt érdeklődő és az űrtevékenységgel aktívan foglalkozó hazai szakembereket tömöríti. A társaság szakmai programok (konferenciák, szemináriumok, találkozók) szervezése mellett minél szélesebb közönséghez szeretne szólni, a fiataloktól az idősekig egyaránt. Az általános és középiskolás fiatalok számára pályázatokat, programokat, űrtáborokat, a felsőoktatásban tanulók számára ifjúsági szakmai fórumot, szervez, rendszeres kiadványokat jelentet meg.

További információ a Társaságról: [www.mant.hu](http://www.mant.hu)

## Energiatudományi Kutatóközpont

Az Energiatudományi Kutatóközpont (EK) mai struktúrájában 2012-ben jött létre az akadémiai



kutatóintézetek újra szervezését követően, azonban a kezdetekben egyetlen intézmény volt, amit Központi Fizikai Kutatóintézet néven alapítottak, 1950-ben. Jelenleg három fő terület köré épül a Központban folyó munka, amit az Atomenergia Kutató-, az Energia- és Környezetbiztonsági-, valamint a Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet fog össze. A 2019 óta ismét önálló csoportként működő Űrkutatási Laboratórium jogelődje, az 1970-ben alakult Űrelektronikai Csoport révén egyike azoknak a kutatóhelyeknek, melyek Magyarországon legrégebben foglalkoznak űrkutatással. E hagyományokra is építenek a jelenkori fejlesztések során, aminek kiváló példája a 80-as évek óta alkalmazott Pille dózismérő rendszer, aminek legújabb változata a Nemzetközi Űrállomás szolgálati eszközeként ebben a pillanatban is üzemel. Egyéb feladatai mellett a csoport lehetőséget kapott részt venni a NASA Artemis programjában; az Orion űrhajó első Hold-körüli repülésén a Matroszka AstroRad sugárzási kísérletben (MARE), valamint a Lunar Gateway űrállomás fedélzeti műszer-együttese, az IDA (Internal Dosimetry Array) dózismérő kísérlet alapkonceptiójának kidolgozásában.

További információk: [www.ek-cer.hu](http://www.ek-cer.hu)

## Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet



Az ELKH soproni székhelyű kutatóhelye az egykori Selmecebányai Akadémia geodéziai és geofizikai utóintézményeiből és a Kövesligethy Radó által 1905-ben alapított Földrengésjelző Intézetből több szervezeti átalakulással jött létre. Feladatai közé tartoznak a geodéziai és geofizikai alap kutatások, melyek célja a Föld-rendszer fizikai állapotának és folyamatainak megfigyelése, modellezése, értelmezése, valamint az ezekhez kapcsolódó elméleti (matematikai, fizikai) és gyakorlati módszerek, vizsgálati eszközök fejlesztése, létrehozása. Mindemellett számos közcélú szolgáltatást végez, mint a Föld körüli térség űreszközökön és folyamatos obszervatóriumi megfigyeléseken alapuló diagnosztikája (űridőjárás), az országos szeizmológiai hálózat és szolgálat fenntartása, a nemzetközi együttműködésekkel fakadó adatszolgáltatás, valamint időszakos megfigyelőrendszerek működtetése. Az intézet alap kutatási tevékenységével összefüggésben részt vállal természeti erőforrások kutatásában, földtani-földfizikai természeti kockázatok elemzésében is. A földfizikai és űrtudományi kutatások keretét öt kutatási szervezeti egység adja (Földmegfigyelés, Geodéziai és Geofizika, Litoszféra-fizika, Szeizmológia, Űrkutatás és űrtechnológia), de a kutatások tárgyából és módszereiből adódóan az intézeti munkát igen erős projekt és szervezeti szintű nemzetközi beágyazottság jellemzi.

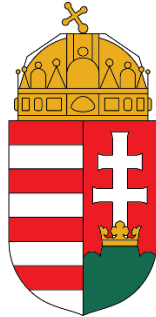
További információk: [www.epss.hu](http://www.epss.hu)

# A KFKI Telephely térképe





# Támogatók



KÜLGAZDASÁGI ÉS  
KÜLÜGYMINISZTERIUM

**REMRED**  
SPACE TECHNOLOGIES

REMRED Kft.