

ŰRTAN ÉVKÖNYV 2015



Az Asztronautikai Tájékoztató 67. száma

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság



2015. május 7–9. között Sopronban rendezték meg a Magyar Űrkutatási Fórum 2015 (XXIX. Ionoszféra- és Magnetoszféra-fizikai Szeminárium) konferenciát. A rendezvény házigazdája az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Geodéziai és Geofizikai Intézete volt. (Csoportkép: MTA CSFK GGI)

A címlapon az amerikai New Horizons űrszonda LORRI (Long Range Reconnaissance Imager) kamerájának felvétele a Plútó törpebolygóról. A kép 2015. július 13-án, a szonda legnagyobb Plútó-közelsége előtt 16 órával készült, 768 ezer km távolságból. A színeket a New Horizons Ralph műszerének alacsonyabb felbontású mérései szolgáltatták. Az égitest felszínének legfeltűnőbb, fényes alakzata jobb oldalt alul a szívre emlékeztető formájú Tombaugh-régió. Nevét az égitest felfedezőjéről kapta. (Kép: NASA / Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory / Southwest Research Institute)

Űrtan évkönyv 2015

Az Asztronautikai Tájékoztató 67. száma

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság



Űrtan évkönyv 2015

Az Asztronautikai Tájékoztató 67. száma

Szerkesztette: Dr. Frey Sándor

Készült
a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium támogatásával

Kiadja:
a Magyar Asztronautikai Társaság
1044 Budapest, Ipari park u. 10.
www.mant.hu
Budapest, 2016

Felelős kiadó: Dr. Bacsárdi László főtítkár

Kézirat gyanánt

HU ISSN 1788-7771

Készült 400 példányban

Előszó

A Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) Űrtan évkönyvének legújabb, a 2015-ös év eseményeit és eredményeit összefoglaló kötetét tartja kezében az olvasó. A kiadvány a MANT hosszú múltra visszatekintő Asztronautikai Tájékoztató című sorozatának a 67. száma. A könyv megjelenését, kinyomtatását a Nemzeti Fejlesztési Minisztériumtól (NFM) kapott támogatás tette lehetővé, amiért ezúton is köszönetet mondunk.

Ugyancsak köszönettel tartozunk, amiért a SES Astra, a világ egyik vezető műholdas távközlési vállalata egész éven át szakmai partnerként támogatta számos fontos rendezvényünket, amelyekről az évkönyv második felében adunk röviden számot. Az elmúlt évben is meghirdettünk a MANT hagyományos diákpályázatát. Szokás szerint volt nyári Űrtábor a 13–18 éves korosztály számára, ezúttal Sopronban. A résztvevő diákok – egy kirándulás erejéig – nyugati irányban egészen Bécsig, az ENSZ-központig is eljutottak. Most először, de a hagyományteremtés szándékával 2015 augusztusában Gödöllőn megrendeztük a MANT Űrakadémiát, az űrtevékenység iránt érdeklődő 18–35 éves fiatal szakemberek és egyetemi hallgatók számára. Májusban Sopron adott otthont egy régi-új rendezvénynek: a Magyar Űrkutatási Fórum az 1972 óta folyó Ionoszféra- és Magnetoszféra-fizikai Szemináriumok sorozatának „reinkarnációja”, megtartva és bővítve annak eredeti tematikáját, a lehető legszélesebb körű bemutatkozási lehetőséget teremtve a magyar Űrkutatás és az űripár szereplői számára. Október elején Budapesten rendeztük az Űrkutatás Napját. Egyesületünk tevékenységével kapcsolatban még több hír, tudósítás olvasható, fényképek láthatók internetes honlapunkon.

A 2015-ös év is mozgalmas volt az Űrkutatás, az űrtevékenység történetében. A világban történt legfontosabb eseményeket igyekszünk felidézni a kötet első részében – mint ahogy már több éve, most is az Űrvilág hírportálon megjelent cikkekből való válogatással. A legfontosabb világ-események közül az amerikai New Horizons űrszonda Plútó melletti elrepülésének szenteltük az Űrtan évkönyv címlapját. Magyar szempontból 2015 úgy fog bekerülni az űrtörténelembe, mint az Európai Űrügynökséghez (European Space Agency, ESA) való csatlakozásunk éve. Az esemény-összefoglalóban természetesen erről is megemlékezünk, továbbá a szakmai-ismeretterjesztő cikkeket követően interjút közlünk egy olyan ESA-szakemberrel, Bernard Zufferey-jel, akinek meghatározó szerepe volt a hosszúra nyúlt, de végül sikerrel zárult csatlakozási folyamatunk végigvitelében. Szakmai cikkeink szerzői idén is nyilvános publikációs felhívásunkra jelentkeztek. Az olvasók nevében is köszönjük, hogy időt és fáradságot nem kímélve, magyar nyelven, közérthetően beszámolnak munkájukról, kutatásaikról.

Bízom benne, hogy minden olvasónk megtalálja a 2015-ös Űrtan évkönyvben, ami a legjobban érdekli, és megőrzi könyvespolcán ezt a mostani kötetet is, az előző évkönyvek mellett!

Budapest, 2016. február

A szerkesztő

Válogatás az űrkutatás 2015-ös eseményeiből

Összeállította: Frey Sándor

Összeállításunkban az Űrvilág internetes hírportál (www.urvilag.hu) anyagaiból válogattunk. Az eredeti cikkek szerzői: Apáthy István, Both Előd, Frey Sándor, Hirn Attila, Koronczay Dávid, Németh Péter, Szentpéteri László.

2015. január

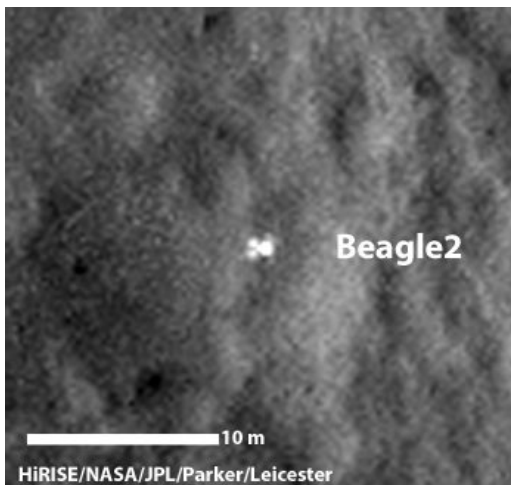
A Masat-1 visszatért a Föld légkörébe. A 2015. január 9-én 21 órakor készült előrejelzés szerint a Masat-1 visszatérése magyar idő szerint 2015. január 9-én 23:15 és 2015. január 10-én 0:45 között volt várható. Ebben az időszakban a visszatérés bekövetkezése egyformán valószínű volt. Az utolsó online adatcsomag 21:21:43-kor érkezett be Argentínából, ezután több csomagot már nem sikerült begyűjteni. Ez részben köszönhető annak is, hogy az utolsó óráit, azaz az előrejelzett visszatérési intervallumot is vagy óceán felett töltötte, vagy olyan terület felett, ahol nem voltak adatokat gyűjtő földi állomások. Legközelebb ilyen terület fölé szombat hajnali 2:27-kor került, mely áthaladás a BME földi állomásáról, Budapestről is észlelhető lett volna. Ott megkísérelték venni a műhold jeleit, de sajnos az észlelés elmaradt, így feltehetően a visszatérés és egyúttal a megsemmisülés az előrejelzett másfél órás időtartamban történhetett meg. A Masat-1 csapata köszönetet mondott a rádióamatőröknek a beküldött csomagokért. A Masat-1 az utolsó időszakában, amit a Föld körül keringve töltött, az adatgyűjtések mellett a Goodbye World! üzenettel köszönt el mindenkitől.

Úton a Dragon CRS-5. A 2015. évi első űrindítás egy amerikai magán-teherűrhajót repített a Nemzetközi Űrállomás (ISS) felé. A SpaceX vállalat Dragon teherszállító űrhajójának a mostani volt az ötödik szolgálatos útja az űrállomáshoz. A startra a floridai Cape Canaveralról január 10-én került sor. A Dragon CRS-5 a hermetizált rakterében mintegy 1,8 tonna ellátmánnyal érkezett az ISS-hez. Ezen belül nem kevesebb mint 256 különböző tudományos kísérlethez küldtek mintákat és műszereket. A rakományban olyan dolgok is helyet kaptak, amik már Scott Kelly és Mihail Kornijenko márciusban kezdődő, egy évig tartó maratoni űrrepüléséhez kellenek majd az ISS fedélzetén. A külső rakodótérben utazott a NASA CATS (Cloud-Aerosol Transport System) berendezése, amely majd a felhőzet és a légköri aeroszolok vizsgálatát végzi, miután átszerelik az ISS

külsejére. A mostani repülést eredetileg tavaly decemberre tervezték, de a hordozórakéta start előtti statikus tesztelése (az indítóálláson való rövid beindítása) során probléma lépett fel, a hajtóművek a remélnél valamivel rövidebb ideig működtek. A vizsgálatok okozták a késedelmet. A Dragon CRS-5 az első amerikai teherszállítmány az ISS-re, mióta tavaly októberben a NASA másik kereskedelmi partnere, az Orbital Sciences egy startbalesetben, az Antares rakéta felrobbanása miatt elveszítette a Cygnus teherűrhajóját és annak teljes rakományát. Így most az amerikai űrhivatal egy ideig a SpaceX-re, mint egyedüli szállítóra van utalva. Az ISS-en természetesen van bőven (4-6 hónapra elegendő) tartalék az ott dolgozó űrhajósok életfenntartására és az űrállomás működtetésére, de szükséges az utánpótlás, illetve új kísérleti eszközök és anyagok feljuttatása. A mostani rakomány tartalmát meg is kellett változtatni, hogy a Cygnus balesetében megsemmisült egyes kritikus elemeket pótolják. Miközben a megrendelő NASA és így a SpaceX számára a legfontosabb a Dragon sikeres útja volt, a cég kísérletet végzett a Falcon-9 rakéta elhasznált első fokozatának épségben való visszanyerésére az indítást követően. Az ambiciózus cél érdekében egy úszó platformot küldtek az Atlanti-óceánra, ahová a rakétafokozatnak vissza kellett érkeznie. Végül csak egy hajszálon múlt a teljes siker. Az egyik kihívást, az óceánon lebegő platform „eltalálását” sikeresen végrehajtotta a visszatérő első fokozat, de a kelletnél nagyobb sebességgel érkezett, becsapódott és összetört. A SpaceX azon dolgozik, hogy a rakétafokozatok újra felhasználhatóvá tételével a jövőben tovább faragjon az indítási költségeken.

Előkerült a Beagle-2. Emlékeznek még a Mars Express szonda brit „utasára”, a 2003 karácsonyán a bolygó felszínére küldött, de elveszett Beagle-2-re? Nos, több mint egy évtized múltán úgy tűnik, megvan az a hely, ahol a Marsra ért a Beagle-2. Az egység felfedezésére az amerikai Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) szonda nagyfelbontású Mars-felvételeinek átfésülése adott lehetőséget.

A Beagle-2-t 2003. december 19-én engedte önálló útjára a vörös bolygóhoz érkező, azóta is a Mars körüli pályán keringő és jól működő európai Mars Express űrszonda. A tervek szerint a Beagle-2-nek hat nappal később kellett volna landolnia a felszínen. De rádióadást soha nem lehetett hallani felőle, hiába „fülelt” a Mars Express és a szintén a Marsnál dolgozó amerikai Mars Odyssey űrszonda. Eddig azt sem tudták, hogy vajon a tervezett helyszín közelében, és egyáltalán épségben elérte-e a felszínt. Bár a képeken az alig 2 m-es Beagle-2 természetesen nem valami nagy részletességgel látszik, az megállapítható, hogy valójában sikeresen (pontosabban majdnem sikeresen) le tudott szállni. Ez azt jelenti, hogy a légköri belépés, az



ereszkedés, a fékezés folyamatai minden bizonnyal rendben működtek, ami fontos információ a programban részt vevő, sőt a készülő európai marsi leszállóegységeket fejlesztő szakemberek számára. Ami láthatólag nem sikerült, az a szonda négy napelemszárnyának kinyitása. Valószínűleg csak egy, esetleg kettő vagy három nyílt ki közülük. Ez egyben magyarázatot kínál arra is, hogy miért nem sikerült venni a Beagle-2 rádióadását,

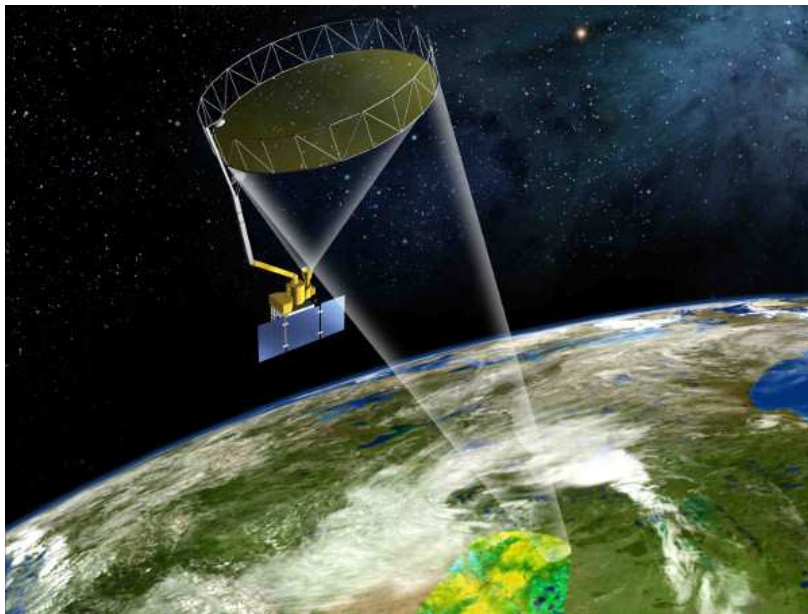
hiszen az antennáját elfedték a ki nem bontott napelemszárnyak. A Beagle-2 nagyjából (5 km-en belül) ott van, ahol a nagy becsapódásos eredetű medence, a marsi egyenlítő-től nem messze fekvő Isidis Planitia területén le kellett volna szállnia.

Szárnyaszegett madár. Több mint 13 évi szolgálat után véget ért a QuickBird műhold pályafutása. A QuickBird nagyfelbontású képeket készített a Földről, amelyeket „gazdája”, az amerikai Digital Globe cég értékesített. A műhold 2001. október 18-án indult a kaliforniai Vandenberg Légibázisról, egy Delta-2 rakétával. Hasznos élettartamát eredetileg 5 évre tervezték. Ebből végül több mint 13 lett. A QuickBird, miközben mindvégig működőképes maradt, az üzemanyaga kifogytával egyre alacsonyabb pályára került, mígnem 2015. január 27-én az Atlanti-óceán déli része felett, Brazília partjai közelében belépett a sűrű légkörbe és megsemmisült.

A QuickBird pánkromatikus (fekete-fehér) felvételeinek felszíni felbontása 60 cm-es volt. Színes felvételeket 2,4 m-es felbontással volt képes készíteni, 450 km-es pályamagasságából. Később, 300 km-es magasságból ennél is finomabb, kb. 1,6 m-es felbontást értek el vele. Az ilyen éles képeken az épületek már jól megfigyelhetők. A műhold képeivel például a jól ismert Google Earth vagy a Google Maps alkalmazásokban is találkozhatunk. A QuickBird alacsony poláris pályán több mint 70 ezerszer kerülte meg a Földet. Bár több felvételt már nem készít, a képei a Digital Globe archívumából természetesen továbbra is elérhetők maradnak.

Pályán a SMAP. Elindult Kaliforniából a NASA talajnedvesség-felmérő műholdja. A Soil Moisture Active Passive, röviden SMAP műhold egy Delta-2 rakétával emelkedett a magasba a Vandenberg

Légibázisról, január 31-én. (A jó öreg, a használatból már kevés híján kivont hordozórakétának ez volt egyhuzamban a 98-adik, összesítésben a 151-edik hibátlan startja.) A SMAP feladata, hogy minden eddiginél pontosabban és finomabb térbeli felbontással, globális skálán felmérje bolygónk szárazföldjein a talaj felső rétegének nedvességtartalmát, illetve figyelje annak időbeli változásait. Ehhez újszerű módon két, egy aktív és egy passzív mérési módszert használ: radart és mikrohullámú sugárzásmérőt. A műholddal alacsony (660-685 km közötti magasságú) poláris napszinkron pályáról gyűjtött adatok segítik majd az időjárás, valamint az árvizek, szárazságok pontosabb előrejelzését, a földcsuszamlások kockázatának megállapítását, a mezőgazdasági termés mennyiségének becslését. A SMAP két-három naponta tudja majd megismételni a teljes Föld felteképezését.



A SMAP műhold 6 m-es átmérőjű, aranyozott molibdén hálóból készült antennatányérját repülés közben „lasszószerűen” forgatják egy rúd segítségével. (Fantáziakép: NASA / JPL-Caltech)

A talaj felső rétegeiben a Föld vízkészletének mindössze elenyésző része található. A talajnedvesség mértéke mégis fontos paraméter a víz és a szén földi körforgása (a növényzet fejlődése és szén-dioxid-megkötő képessége), a felmelegedés és a lehűlés, egyes időjárási jelenségek keletkezése szempontjából. Meghatározza azt is, hogy egyes területek mennyire vannak kitéve az aszálynak vagy épp az ár- és belvizeknek. Mégis, a talajnedvesség mérése az egész bolygóra

kiterjedően, csak földi eszközökkel megoldhatatlan feladat. A 916 millió dollárba került új amerikai műhold a 2009-ben indított, de csak egy passzív radiométerrel felszerelt, és gyengébb felbontást nyújtó európai SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) programjának továbbvivője és kiterjesztője.

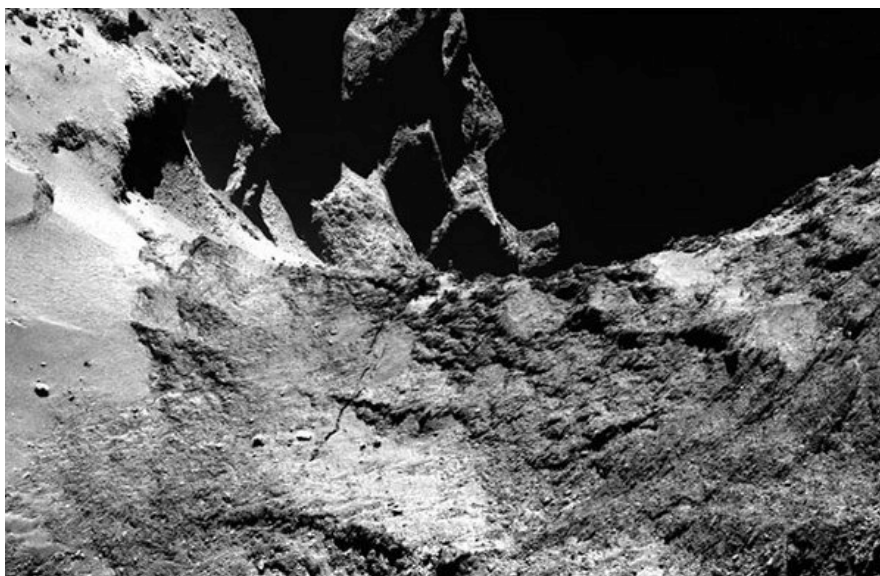
Sajnos a SMAP fő műszere mindössze két hónapnyi munka után felmondta a szolgálatot. Az űreszköz igazi újdonsága az A betű mögött meghúzódó aktív, L-sávú radarjeleket kibocsátó és a felszínről visszaszórt jeleket detektáló berendezés volt. Ennek segítségével érték el sokkal finomabb, a két berendezés adatainak kombinálásával 9-10 km-es felbontást. Ez a műszer ment tönkre július 7-én, miután csak két hónapon át tudott a rendszeres adatgyűjtésben részt venni. A műhold irányítói hosszú hetekig küzdöttek a megmentéséért, sikertelenül. A hiba az 500 W-ot meghaladó teljesítményű radarimpulzusok előállításához szükséges erősítőben keletkezett, s az elektronikus alkatrészből a fedélzeten nincs tartalék. Szerencsére a passzív sugárzásmérő továbbra is működik, így a SMAP nem marad haszontalan.

Egy meglepően változatos üstökös. Január végén jelentek meg a Science magazin különkiadásában a Rosetta űrszonda eredményeit feldolgozó első tudományos publikációk. Ezekből egy a kutatók számára is meglepően változatos égitest képe bontakozik ki, amint az az OSIRIS kamera nagy felbontású fényképein is nyomon követhető.

Az üstökösök definíció szerint aktív égitestek: elnyújtott ellipszispályán keringenek a Nap körül, és amikor az egyes keringési periódusok során megközelítik a Napot, csóvát és kómát fejlesztenek. Ezek a felmelegedés hatására az üstökös felszínéről elszabaduló gázból és porból állnak. Anyaguk ugyanakkor nagyon ősi, valószínűleg az egész Naprendszerrel egyidős, így tanulmányozásuk a Naprendszer keletkezésének titkait is segíthet megérteni.

Azonban a Nap hatása önmagában nehezen magyarázza azt a sokféleséget, amit a Rosetta a Csurjumov–Geraszimenko-üstökösön talált. A felszínt üregek, szakadékok, repedések tarkítják, egyes helyeken csupasz, máshol por borítja. Egyes kutatók szerint ez a komplexitás arra utal, hogy a korai Naprendszerben az üstökös(ök) keletkezési helyei is többfélék, változatosak voltak. A változatosság különböző méretskálákon jelentkezik. A felszín jellege alapján a kutatók 19 nagyobb régióra osztották az eleve két nagyobb „gombóc-ból” álló üstökös felületét. Az egyes régiók egyiptomi istenségek neveit kapták. A területek jellegzetességei és nevei: por borította (Ma'at, Ash és Babi), töredezett, üregekkel és körkörös struktúrákkal (Seth), nagyléptékű süllyedt terület (Hatmehit, Nut és Aten), si-

ma felszín (Hapi, Imhotep és Anubis), illetve konszolidálódott, stabil, közetszerű felszín (Maftet, Bastet, Serqet, Hathor, Anuket, Khepry, Aker, Atum és Apis).



A két „gombócot” összekötő nyakon egy 500 méter hosszú hosszanti irányú repedés található – egyelőre csak találgatni lehet, pontosan milyen erők hatása, vagy hogy befolyásolhatja-e az üstökös egyben maradását hosszabb távon. (Kép: ESA / Rosetta / MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA)

Sok milliárd évvel ezelőtt az üstökösök, aszteroidák és bolygók az ősi Napot körülvevő porfelhőből jöttek létre, ahogy a mikroszkopikus porszemcsék egymással találkozva elkezdtek összetapadni. Ám a modellek szerint a kis gömböc módjára növekvő anyagdarabok egy bizonyos méret felett nem tudnak tovább nőni: egymással találkozáskor az ütközés újra kisebb darabokra szakítja azokat, ezért más mechanizmus kell a további növekedéshez. Lehetséges, hogy a „dinoszaurusztörzsek” pontosan ilyen anyagcsomók – bár tízszer-százszor nagyobbak annál, mint amit az elméletek jósolnak. Még nem tudjuk, hogy az elméleteket kell-e módosítani, vagy mégsem olyan alapvető alkotóelemek ezek. Már csak azért sem, mert bár több üregben is megfigyelhetők, azért korántsem mindegyikben.

A kamerán kívül természetesen sok más műszer helyett kapott a Rosettán, ezek mérései már most annyi új eredményt hoztak, hogy azok felsorolása külön cikket érdemel. Ám ne feledkezzünk meg a Philae leszállóegységről sem. Bár november óta nem hallani róla, hiszen akkumulátorai lemerültek, az akkor végzett felszíni mérések adatait még nem dolgozták fel. Az egyik nehézség, hogy még az ESA

szakemberei sem tudják, hogy az üstökös mely pontján szállt le pontosan. Hosszas elemzés után azonosítottak egy körülbelül 500 méter átmérőjű területet, ahol megpróbálták a Rosetta kamerái segítségével megkeresni, ám ez nem vezetett eredményre. Ha sikerülne meghatározni a Philae helyét, az segítene kontextusba helyezni a mérési adatokat. Másfelől a Rosettát irányító mérnököknek a kockázatot is mérlegelniük kell, hiszen a – jelenleg biztonságos távolságban keringő – űrszonda számára egyre kockázatosabb újra megközelíteni az üstököst, ahogyan az a Naphoz közeledve egyre aktívabbá válik. Ugyanakkor van még egy remény: a mérnökök továbbra is számítanak rá, hogy a leszállóegység magától is újra felébred pár hónapon belül, amint elegendő napfény éri a napelemtábláit.

2015. február

IXV: felszállt, visszatért! Sikerrel végződött az európai automata kísérleti siklójármű első, szuborbitális repülése. Az ESA február 11-én, magyar idő szerint 14:40-kor egy Vega rakétával (VV04) indította a francia guyanai Kourouból az IXV (Intermediate eXperimental Vehicle) nevű visszatérő űreszközét. A szárny nélküli repülőgép elvén működő, emberek nélkül, automata üzemmódban repülő, a visszatéréskor manőverezni is képes űrjármű jó 400 km-es magasságot ért el. Nem tett meg egyetlen Föld körüli keringést sem: a Csendes-óceán vizében landolt.



Az IXV repülésének fázisai, ahogy a rajzoló elképzelte. (Kép: ESA / J. Huart)

A légköri belépés alkalmával 7,5 km/s (27 ezer km/h) sebességet értek el vele. Ez megközelíti azt, amivel akkor térne vissza, ha Föld körüli pályáról érkezne. Így a technológiai kísérletben ellenőrizni tudták az IXV számára kifejlesztett hővédő borítás működését a gyakorlatban. A legmagasabb hőmérséklet mintegy 1700 °C volt. A légköri visszatéréskor vizsgázott a navigációs és vezérlőrendszer is. A manőverezést négy rakétafűvőka és két kormánylap szolgálta. Az IXV kísérlet elsődleges célja, hogy Európa közelebb kerüljön egy valódi visszatérő űreszköz megépítéséhez, kidolgozza és tesztelje az ehhez szükséges műszaki megoldásokat.

A repülés lefolyása a következő volt. Az IXV a felemelkedés után 18 perccel, kb. 330 km magasságban vált el a hordozórakétától. Ezután 412 km-es felszín feletti magasságig emelkedett, ahonnan megkezdte a meredek süllyedést. A légkörbe lépés során számos érzékelővel gyűjtötték az adatokat későbbi kiértékelésre. A repülést két afrikai földi állomáson (Malindi, Kenya és Libreville, Gabon), valamint egy az óceánon úszó hajón (Nos Aries) elhelyezett antennákkal követték. A több fázisban elvégzett ejtőernyős fékezést követően, a start után mindössze 102 perccel a szuborbitális repülés a Csendes-óceán vizében ért véget.

DSCOVR: végül repül. A Nap tevékenységét és az űridőjárást vizsgáló, hányatott sorsú amerikai szonda útnak indult. A Deep Space Climate Observatory (DSCOVR) nevű űreszköz startját február 12-én hajtották végre a floridai Cape Canaveralról. A DSCOVR startja újabb mérőföldkő a SpaceX és a Falcon-9 rakéta számára.

A magánvállalat saját fejlesztésű hordozóeszköze most először juttatott hasznos terhet a geostacionárius átmeneti pálya magasságán túlra. Az űreszköz ugyanis a Nap-Föld rendszer L1 jelű Lagrange-féle librációs pontjánál működik majd. Ezen a helyen, a Földet és a Napot összekötő egyenesben, a mintegy másfél millió km távolságra a Földtől, állandóan megfigyelés alatt tudja tartani központi csillagunkat, vizsgálni az onnan érkező napszelet, miközben a Földdel is folyamatosan tudja tartani a kapcsolatot. A start rövid késése igazából csak elhanyagolható apróság volt a DSCOVR eddigi hosszú és hányattatásokkal teli történetében.

A program kezdetei egészen 1998-ig nyúlnak vissza. Az akkori amerikai alelnök, Al Gore kezdeményezte egy olyan szonda megépítését, amely a Föld teljes megvilágított korongját fényképezte volna az L1 pontból, tudományos és oktatási célból, folyamatos üzemben. A tervek szerint a NASA 2000-re építette volna meg és bocsátotta volna fel a Trianát, amelyet az egykori alelnök után informálisan GoreSat néven is emlegettek. Az eredeti névadó egyébként Rodrigo de Triana, a spanyol matróz, aki Kolumbusz Kristóf La Pinta nevű hajójának személyzetéből először pillantotta meg az amerikai földet.

A Triana ötlete hamarosan egyes befolyásos kongresszusi képviselők ellenállásába ütközött. Egyrészt megkérdőjelezték a hasznát, másrészt nem tetszett nekik, hogy közvetlenül a Fehér Házból indult a kezdeményezés. George W. Bush elnöksége alatt a programot leállították, 2001 novemberében az elkészült űreszköz raktárba került. A Triana egyébként a tervek szerint a Columbia űrrepülőgép raketerében, annak STS-107-es jelzésű útján kellett volna eljusson a világűrbe – ez volt az 2003-ban, amikor a Columbia a visszatéréskor szerencsétlenül járt. A NASA végül az Amerikai Légierő és a NOAA óceán- és légkörkutató ügynökség együttműködésével 2009-ben porolta le a terveket, immár a naptevékenység megfigyelésére helyezve a hangsúlyt. A DSCOVR – ahogy még Trianaként is tervezték – az L1 Lagrange-pont környezetében működik majd. A napszél megfigyelésével alkalmas korai figyelmeztetést kiadni az űridőjárással kapcsolatban, ha egy kitörés a Föld felé irányul. Hasonló feladatot lát majd el, mint a veterán ACE (Advanced Composition Explorer) szonda, amely 1997 óta végzi munkáját, jócskán túlélve eredetileg 5 évesre tervezett hasznos élettartamát.

A DSCOVR az eredeti céljának egy-két elemét is megtartja. Elhelyeztek rajta egy kamerát, amelyet a Föld felé irányítanak, és lesz a fedélzetén egy radiométer a Föld által kibocsátott hősugárzás mérésére. A DSCOVR programjáért a NOAA felel.

ESA-tagság: szerződés aláírva! Budapesten írta alá az Európai Űrügynökség (ESA) és a magyar kormány képviselője a szervezethez való csatlakozásunkról szóló szerződést. Űrtechnológia – a legmagasabb mérce. Ez volt a címe a csatlakozási szerződésünk ünnepélyes aláírása alkalmából szervezett rendezvénynek a Művészetek Palotájában. A szerződés aláírására február 24-én, délelőtt 11 órától került sor.

A két aláíró, magyar részről Kara Ákos, a Nemzeti Fejlesztési Minisztériumban az infokommunikációért és fogyasztóvédelemért felelős államtitkár, valamint az ESA részéről Jean-Jacques Dordain főigazgató rövid beszédet mondott a meghívott hazai szakemberek, diplomaták és újságírók előtt.

Kara Ákos kifejezte a magyar kormány elkötelezettségét az űrtechnológia, az űripár fejlesztésében. Jean-Jacques Dordain örömmel üdvözölte Magyarországot az 50 éves európai űrszervezet nagy családjában. Elmondta, hogy mától – huszonkettedikként – a magyar nemzeti lobogó is díszíti az ESA intézményeit szerte Európában. Felelevenítette három személyes élményét, amelyek Budapesthez és Magyarországhoz kötik: részvételét az 1983-as budapesti Világűr-kongresszuson, az újonnan belépni szándékozó közép- és kelet-európai országok számára épp Budapesten „kitalált” előcsatlako-

zási egyezmény (PECS) kereteinek megalkotását, valamint az első magyar műhold, a Masat-1 három évvel ezelőtti indítását az ESA új Vega hordozórakétájának bemutatkozó repülése alkalmával. Magyarország már évtizedek óta szoros kapcsolatot ápol az európai űrszervezettel, a hazai mérnökök és kutatók számos sikeres közös programban vettek részt. Hazánk volt az első ország, amely 2003-ban – Dordain úr első főigazgatói periódusának elején – európai együttműködő partnere lett az ESA-nak, a PECS egyezmény megkötésével.



Jean-Jacques Dordain, az ESA főigazgatója (balra) és Kara Ákos államtitkár a csatlakozási szerződés aláírása után. (Kép: Sennowitz Gergely / NFM)

Ez az ESA „előszobájának” tekinthető, korlátozott részvételi lehetőséggel az űrügynökség programjaiban. Amíg mi ebben az előszobában várakoztunk, a velünk nagyjából azonos időben induló másik három ország, Csehország, Románia és Lengyelország már a szervezet teljes jogú tagjává vált. A tagságot előkészíteni hivatott PECS (Plan for European Cooperating States) program sikerét értékelve Jean-Jacques Dordain megemlítette, hogy a minap már a kilencedik állam (Szlovákia) csatlakozott hozzá. Külön személyes öröm számámra, hogy hazánk a júniusban lejáró harmadik, utolsó főigazgatói ciklusa alatt végül belép az ESA tagjai közé. Az ESA-tagságunk a szerződés ratifikációját követően, még ennek az évnek a vége előtt válik

hivatalossá. (Az ESA Alapokmány előírásainak megfelelően Magyarország képviselői 2015. november 4-én a francia Külügyminisztériumban adták át az ESA-csatlakozásunkhoz szükséges törvények kihirdetéséről szóló hivatalos okiratot. Ezzel ez a nap lett hazánk ESA-csatlakozásának hivatalos dátuma.)

A fogadást követően, a délutáni programban szakmai előadások hangzottak el. Elsőként köszöntőt mondott Both Előd, az ENSZ Világűrbizottság Tudományos és Technikai Albizottságának elnöke, aki egészen a közelmúltig vezette a Magyar Űrkutatási Irodát, s így meghatározó szerepe volt hazánk és az ESA kapcsolatainak szorosabbá fűzésében. Bacsárdi László, a MANT főtitkára a hazai űrtevékenység fő irányvonalait és a MANT oktató-ismeretterjesztő munkáját ismertette. Apáthy István (MTA Energiatudományi Kutatóközpont) és Szegő Károly (MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont) a Rosetta üstököskutató űrprogramról és benne a magyar részvételről tartott előadást. Horváth Gyula (BME) a nagy sikerű első magyar műhold, a Masat-1 eredményeiről és a folytatás lehetőségeiről számolt be. Solymosi János a Magyar Repülő- és Űripari Technológiai Platform (HATP) képviseletében az űrtávközlésről, a szervezet tagjainak eredményeiről szólt. Bárczy Pál a Magyar Űripari Klasztert (HUNSPACE) képviselte, az anyagtudományok terén végzett munkájukról tartott előadást. A szakmai programot Remetey-Fülöpp Gábor előadása zárta, aki a Magyar Térinformatikai Társaság (HUNAGI) nevében a távérzékelés, földmegfigyelés, mint űralkalmazás fontosságára és hazai jelentőségére hívta fel a figyelmet.

2015. március

Két különleges távközlési hold. A SpaceX vállalat Falcon-9 rakétája a maguk nemében úttörő műholdakat állított pályára, mindjárt egyszerre kettőt. A start korszakváltás kezdetét jelezheti a kereskedelmi alapú, geostacionárius pályáról végzett távközlésben. A két legújabb, a Boeing Space Systems cég által épített űreszköz ugyanis kizárólag ionhajtóműveket alkalmaz, a fedélzeten nem helyeztek el hagyományos kémiai hajtóműveket. Ezzel egyúttal megszabadultak az üzemanyagtartályoktól és a hajtóanyag tömegének jókora részétől is, olcsóbbá téve a pályára állítást és megnövelve az űreszközök várható élettartamát. A Boeing három évvel ezelőtt, 2012 elején jelentette be, hogy új, tisztán elektronikus meghajtás alkalmazó 702SP jelű műholdplatformjára négy megrendelés érkezett. Közülük a most pályára állított két műhold az első, amelyek a gyakorlatban is megmutathatják a módszer életképességét. Azóta más nagy űripari gyártók is előálltak a maguk tisztán ionhajtóműves

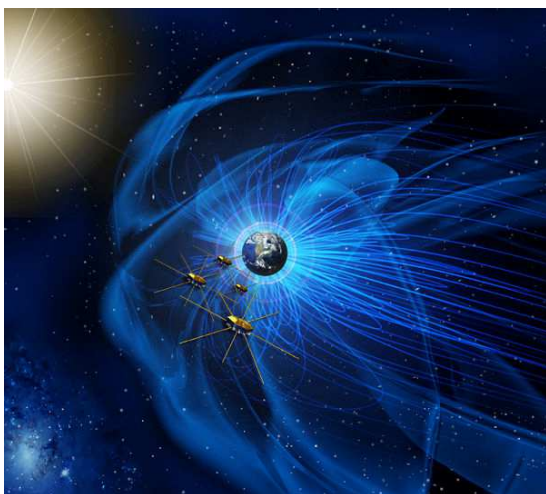
megoldásaival. A napelemek által termelt energia segítségével, elektromágneses térben gyorsított ionok (xenon) kilövellésén alapuló meghajtást nem csak a geostacionárius pálya tartásához szükséges kisebb, folyamatos korrekciók céljára, de magának a végső pályának az elérésére is alkalmazzák az ilyen felépítésű műholdak esetén.

A Falcon-9 hordozórakéta március 2-án startolt a floridai Cape Canaveralról, rajta az Eutelsat-115 West B és az ABS-3A nevű kommunikációs holdakkal. A két űreszköz közel 25° -os hajlásszögű, kb. 400 km és 40 ezer km között változó magasságú ún. szuperszinkron pályára állt. Innen érik el a 36 ezer km magas körpályát az Egyenlítő síkja közelében. A hagyományos meghajtásnál lényegesen kisebb tolóerőt nyújtó ionhajtóműves módszer miatt azonban ez az átmene-ti időszak sokkal hosszabb lesz, mint megszokhattuk, több mint fél évig is eltart. Amint a neve is jelzi, az Eutelsat-115 West B üzemeltetője a párizsi székhelyű Eutelsat vállalat. Video- és adatátvitelre, kormányzati megrendelők adatforgalmának lebonyolítására, mobil távközlésre használják majd, amerikai lefedettségi területtel. Pozíciója 115° nyugati hosszúságnál lesz – ami a nevére visszautalva szintén nem meglepő. Starttömege 2,2 tonna. Az előző „tesvére”, a Falcon-9 rakétával ugyancsak most pályára állított ABS-3A megrendelője az Asia Broadcast Satellite cég. A geostacionárius pályán 3° nyugati hosszúság fölé kerül. Távközlési szolgáltatásainak megrendelői elsősorban Amerikából, Afrikából, a Közép-Keletről kerülnek majd ki. Emellett televíziós műsorszórást is végez. Starttömege közel 2 tonna.

Érkezés a Cereshez. Pályára állt a Ceres törpebolygó körül a NASA Dawn űrszondája. A Ceres a Naprendszerben a Mars és a Jupiter pályája közötti térségben húzó fő kisbolygóöv legnagyobb égitestje. A 2007-ben indított amerikai Dawn űrszondának (a név jelentése: hajnal) ez a második célpontja. Mielőtt a Ceres felé indították, 14 hónapon át (2011-ben és 2012-ben) a Vesta kisbolygó körül keringett. A maga nemében egyedülálló, hogy most ugyanaz az űreszköz egy másik égitest körül is pályára áll. A Dawn 2015. március 6-án érkezett a Ceres mellé. Az első időkben viszonylag nagy távolságban 13,5 ezer km-re kering majd a törpebolygótól, majd a pályamagasságot fokozatosan csökkentik, egészen 400 km alá.

Az 1801-ben felfedezett, mintegy 950 km átmérőjű Ceres az elképzelések szerint egy olyan égitest, amely megrekedt a nagybolygóvá való fejlődés útján. A Naprendszerben a kis égitestek jobban megőrizték a keletkezésük idején uralkodó állapotokat, így részletes, közeli tanulmányozásukkal bolygórendszerünk kialakulásáról szerezhetünk fontos új információt. A jelentős mennyiségben (tömegének nagyjából negyedében) vizjeget tartalmazó Ceres felszíne krá-

terekkel egyenletesen szabdalt. A közeledő Dawn szonda egyre jobb felbontású képein izgalmat okozott egy világos színű folt, amelynek a mibenlétére a következő időszakban végzendő vizsgálatoktól várják a választ.



Úton a négy MMS műhold.

A NASA űridőjárás-kutató műhold-négyesikrei egy Atlas-5 rakétával álltak Föld körüli pályára Floridából, március 13-án. Az 1,1 milliárd dolláros MMS (Magnetospheric Multiscale mission) program keretében négy azonos felépítésű, egyenként 25 mérőműszerrel felszerelt űreszköz indult a földi magnetoszféra, az űridőjárás jelenségeinek kutatására. A közelében repülő műhol-

dak segítségével három dimenzióban, 30 ezredmásodperces időbeli felbontással tudják felmérni bolygónk mágneses terét és plazmakörnyezetét, különös tekintettel a mágneses erővonalak gyors átkötődésére (rekonnexiójára).

Az Atlas-5 rakéta Centaur végfokozata mintegy másfél órával a startot követően, 5-5 perccel egymás után „engedte el” a négy műholdat 29°-os hajlásszögű, elnyúlt pályákra. Kezdetben a távolságuk repülés közben kb. 100 km-es lesz, majd az irányítók precíz manőverekkel a négy műhold által kijelölt képzeletbeli tetraéder élhosszúságát fokozatosan 10 km-esre csökkentik. A hamarosan kialakítandó igen elnyúlt (földközeli 2600 km, földtávolban 70 ezer km magasságban húzódó) ellipszispályáikat úgy tervezték, hogy a műholdak a legtöbb időt töltsék a földi magnetoszférát és a napszél uralta bolygóközi teret elválasztó magnetopauzában és a napszél hatására kialakuló mágneses csóvában. Később, másfél év múlva a pálya földtávolsági pontját 150 ezer km fölé szeretnék megemelni.

Az egy év megkezdődött Mihail Kornijenko és Scott Kelly számára, akik a Szojuz TMA-16M fedélzetén elindultak és meg is érkeztek a Nemzetközi Űrállomásra. Az orosz űrhajó március 27-én startolt a kazahsztáni Bajkonurból. A közel egy éven (pontosan 342 napon) át tartó hosszú távú űrrepülésre induló orosz-amerikai páros mellett a Szojuz parancsnoki ülésében Gennagyij Padalka foglalt helyet. Bár a veterán orosz kozmonauta „csak” a szokásos fél évet tölti

majd az ISS-en, mikorra visszatér, ő tartja majd az összesített időtartamrekordot, 878 nappal. Padalka eddig négy repülésen összesen 710 napot töltött Föld körüli pályán.

A Szojuz TMA-16M mindössze négy keringés elteltével, a start után mintegy hat órával meg is érkezett az ISS-hez. Ott a 43. számú személyzet már fent levő három tagja, Terry Virts, Samantha Cristoforetti és Anton Skaplerov várta őket.

A 342 napon át tartó küldetés nem példátlan az emberes űrrepülés történetében, de a „modern időkben”, ebben az évezredben még nem volt rá példa. Korábban négy szovjet/orosz űrhajós is töltött egyszerre egy évet vagy többet a világűrben: Valerij Poljakov (437 nap, 1994–95), Szergej Avgyjejev (379 nap, 1998–99), valamint Vlagyimir Tyitov és Musza Manarov (365 nap, 1987–88). Mindegyikük a Mir űrállomás lakója volt.

A mostani kísérletek során korszerű kutatási módszerekkel, nemzetközi kutatócsoportok közreműködésével arra keresik majd a választ, hogyan reagál az emberi szervezet a hosszú ideig tartó súlytalanságra, szem előtt tartva a jövőben esetleg megvalósuló emberes Mars-utazást. Kihasnálva a különleges lehetőséget, hogy Scott Kelly ikertestvére, Mark is űrhajós, az elkövetkező év során egy sor kontrollkísérletet rajta is elvégeznek majd a Földön. Az űrhajózástól már visszavonult Mark Kelly bevonásával lehetővé válik, hogy még jobban megértsék a Föld körüli pályán keringő testvérén végzett mérések eredményének hátterét, a változások okát.

2015. április

A Progressz M-27M sikertelen startja. Az orosz teherűrhajó április 28-án startolt Bajkonurból. A Szojuz-2.1a hordozórakéta a Föld körüli pályára állította ugyan, de a Progressz meghibásodott, gyors forgásba kezdett és irányíthatatlanná vált. A földi irányítók kezdetben nem adták fel teljesen a próbálkozást. A Progressz M-27M-mel akkor tudták megpróbálni felvenni a rádiókapcsolatot, amikor az – napjában hatszor – rövid időre (negyed órára) elhaladt az orosz követőállomások fölött. A teherűrhajó az ISS-re szállított volna 2,7 t tömegben ellátmányt – élelmiszert, ruhákat, vizet, oxigént, üzemanyagot, illetve kísérleti berendezéseket, köztük magyar készítésűeket is: a TRITEL háromtengelyű sugárdozimetriai célú teleszkóp adatgyűjtésre és -megjelenítésre szolgáló központi egységét, valamint az SPD11 sorszámu passzív detektor csomagot. Utóbbi – a 12 hónapos küldetés kapcsán – közel egy évet töltött volna el az űrállomás fedélzetén.

A Progressz M-27M végül május 8-án belépett a Föld sűrű légkörébe és megsemmisült. Az esemény lakott területektől távol, a Csendes-óceán középso része fölött történt.

Búcsú a Merkúr-szondától. Többször hosszabbított programjából a lehető legtöbbet hozta ki a MESSENGER, amely üzemanyagkészlete kimerültével a Merkúrba csapódott. A NASA közel 450 millió dolláros MESSENGER (MERcury Surface, Space ENVironment, GEOchemistry, and Ranging) űrszondája négy (földi) éven át keringett a Naprendszer legbelső bolygója, a Merkúr körül. Sorsa a legutóbbi előrejelzéseknek megfelelően április 30-án pecsételődött meg. Ekkorra csökkent le annyira a pályájának magassága, hogy végül a bolygó felszínébe csapódott. Az esemény a Merkúrnak a Földről nézve átellenes oldalán történt, április 30-án, magyar idő szerint 21:26 körül. A becsapódás becsült sebessége mintegy 14 ezer km/h volt, az űreszköz egy 16 m átmérőjű krátert üthetett. Ezt a Földről nem, csak a 2024-ben odaérkező európai-japán BepiColombo űrszonda felvételein lesz esélyünk megpillantani.

A MESSENGER 2004 augusztusában egy Delta-2 rakétával indult a floridai Cape Canaveralról. Egy évvel később egy gravitációs hintamanőver céljából visszatért a Föld mellé, majd kétszer a Vénusz és háromszor a Merkúr mellett elrepülve szerzett újabb lendületet, hogy végül 2011 márciusára felvegye a Merkúr Nap körüli keringésének sebességét és pályára álljon a bolygó körül – elsőként az űrkutatás történetében.

A Nap közelsége miatt komoly hővédelemmel ellátott űrszonda működését eredetileg egy évre tervezték a Merkúr körül, ezt sikerült négyszeresen túlteljesítenie. Az utolsó évben, egyre alacsonyabban húzódó pályáról különösen érdekes, nagy felbontású méréseket volt képes végezni. Még létezése utolsó napján is küldött mérési adatokat a Földre. A statisztikák kedvelőinek: az űrszonda 4105-ször kerülte meg a Merkúrt, az ottani négy éves kutatási programja alatt 10 terabájtnyi adatot sugárzott le az irányítóknak. Ezek között mintegy 290 ezer kép volt. A kutatók még jó darabig el lesznek foglalkoztatva az adatok feldolgozásával, az eredmények értelmezésével.

A MESSENGER részletesen feltérképezte a Merkúr kráterekkel szabdaltsa felszínét. A mérések alapján a vártnál sokkal dinamikusabb bolygó képe rajzolódott ki a Merkúrról. A felszínen arra utaló jeleket találtak, hogy az égítést összehúzóda nem fejeződött be, a magja még hűl. A mágneses tér aszimmetrikus a bolygó középpontjához viszonyítva. A MESSENGER több független méréssel igazolta a korábban földi mérések alapján megfogalmazott sejtést az állandóan árnyékban levő poláris kráterbelsőkből található, 20-30 cm-es sötét, feltehetően szerves anyagokat tartalmazó réteggel fedett vízjég-

ról. A bolygó vékony és ritka légkörének anyagát üstökösszerű csóvává alakítja a napszél. Az űrszonda a 88 napos keringési periódusok alatt évszakos változásokat is megfigyelt a légkörben.

A Merkúrnek van a legnagyobb vastartalmú magja a bolygó méreteihez képest az egész Naprendszerben. A MESSENGER mérései kiderítették, hogy a felszínen nagy bőségben fordulnak elő könnyebb kémiai elemek, mint a nátrium, kén, kálium és klór. A vasból viszont meglehetősen kevés jutott a bolygó kérgébe. Az anyagi összetételre vonatkozó mérések magyarázatához felül kell majd vizsgálni a Naprendszer közetbolygóinak keletkezésére és korai fejlődésére vonatkozó elméleteket.

2015. május

Tesztelték a Dragon mentőrendszerét. Fontos lépésre került sor a SpaceX űrhajója emberek szállítására alkalmas változatának fejlesztésében. A Dragon kapszulát május 6-án a floridai Cape Canaveral 40-es startállásából indították, magyar idő szerint 15 órakor. Az egész kísérlet alig tartott 2 percig. A startkísérlet megszakítását szimulálták. Ha egy ilyen helyzetben űrhajósok tartózkodnak a fedélzeten, akkor a rendszernek gondoskodnia kell a kapszula leválasztásáról az indításkor bajba került hordozórakétáról, és az emberek biztonságos visszajuttatásáról.

A próba során a Dragon kapszula felemelkedéséről a beépített nyolc SuperDraco rakétahajtómű gondoskodott. Az eszköz mintegy másfél kilométeres magasságig jutott, majd a törzsről leválva, ejtőernyős fékezéssel ereszkedett az Atlanti-óceán vizébe, a starthely közelében. Ha a három ejtőernyő lassította Dragonban ezúttal tényleg utaztak volna űrhajósok, azok sértetlenül megúszták volna a szimulált rakétabaleset. Az első adatok szerint ugyanakkor nem minden pontosan a terveknek megfelelően alakult: nem érték el az előre meghatározott sebességet, és a vízbe érés is a parthoz némileg közelebb történt.

A SpaceX tervei szerint a Dragon emberes változata 2017-ben indulhat először a világűrbe, űrhajósokkal a fedélzetén. Ennek egyik fontos feltétele, hogy a megrendelő NASA számára demonstrálják a mentőrendszer működőképességét. A következő mérőföldkő a mentőrendszer kipróbálása lesz egy Falcon-9 rakétával, amikor a repülésből egy-két perc már eltelt.

Proton baleset. Ezúttal a Mexsat-1 mexikói távközlési hold veszett oda, az orosz Proton-M hordozórakétának nem sikerült elérnie vele a Föld körüli pályát. A Proton startját az ILS (International

Launch Services) amerikai–orosz vegyesvállalat szervezte. A hasznos teher a mexikói kormányzat megbízásából az amerikai Boeing Satellite Systems cégnél épült, 5,3 t tömegű Mexsat-1 (más néven, a mexikói forradalom századik évfordulója tiszteletére: Centenario) távközlési hold volt. Az űreszközt geostacionárius pályára szánták. A Csendes-óceán (113° nyugati hosszúság) fölött állomásozva hang- és adatátviteli szolgáltatásokat nyújtott volna földi, tengeri és légi mobil terminálok között, a mexikói hatóságok használatában.

A start időpontja május 16-án jött el. Bár az emelkedő rakéta hamar eltűnt a felhők fölött, az első néhány percben a telemetriai adatok semmi rendellenességre nem utaltak. Később, kb. 490 másodperccel a startot követően gond támadt. A Roszkoszmosz vizsgálatának május végén nyilvánosságra hozott megállapítása szerint a hiba a hordozórakéta harmadik fokozatában olyan műszaki megoldásra vezethető vissza, aminek ellenére évtizedeken át mégis (majdnem) jól működtek a műholdindítások. Mindenesetre utólag a mostanihoz hasonló hibának tulajdonítanak egy 1988-as és egy 2014-es Proton-balesetet is. A harmadik fokozat kormányzását végző egyik RD-0214 hajtómű nem működött megfelelően, méghozzá az intenzív vibráció miatt, amit a hajtómű turbószivattyújában forgó rotor kiegyensúlyozatlansága idézett elő. A forgólapát anyaga nem bírta a magas hőmérsékletet. A Protont gyártó Hrunyicsev céget utasították, hogy a jövőben újfajta anyagot használjanak és javítsanak a kiegyensúlyozás technikáján. A bizottság – az orosz rakétakudarcok után megszokott módon – fényt derített néhány nem kielégítő eljárásra a gyártás során végzett minőség-ellenőrzés folyamatában is.

X-37B: újra repül. Az Amerikai Légierő mini-űrrepülőgépe Atlas-5 rakétával indult Floridából – ahogy az előző három alkalommal is. A pilóta nélküli, automata visszatérésre alkalmas X-37B negyedik (OTV-4 jelzésű) útja május 20-án kezdődött. A katonai üzemeltetésű X-37B által végrehajtott programokról korábban igen kevés információt kapott a közvélemény. Most előzetesen már egy kicsit többet lehetett tudni arról, hogy mit is fog csinálni a legutóbb nem kevesebb, mint 22 hónapon át a Föld körül keringő űrjármű. Legalábbis két dologról beszéltek. Egyrészt az Amerikai Légierő számára egy újfajta ionhajtóművet próbálnak ki a világűrben, amit később a katonai távközlési műholdaknál szeretnének alkalmazni. Másrészt a polgári űrügynökség, a NASA egy kísérlete is felkerült az X-37B fedélzetére.

A Marshall Űrközpont szakemberei által vezetett programban különféle anyagmintákat tesznek ki a nyílt világűr viszontagságainak, hogy a visszatérés után megvizsgálhassák tartósságukat. A METIS (Materials Exposure and Technology Innovation in Space) nevű kísérletben több mint százféle különböző mintát – polimereket,

kompozit anyagokat – helyeznek el az X-37B-nek a pályára állás után kinyitható rakodóterében, legalább 200 napon át. A mintadarabok mérete mindössze egy-egy 25 centes pénzérmével vetekszik. Hasonló vizsgálatokat korábban a Nemzetközi Űrállomáson is végeztek. A MISSE (Materials on International Space Station Experiment) programban 2001 és 2013 között például összesen 4000-nél is több mintadarabot vizsgáltak. A cél, hogy a jövő űreszközei számára minél tartósabb, a világűr viszonyai között jól alkalmazható, strapabíró anyagokat fejlesszenek ki.

Az X-37B-ből két megépült példány az elmúlt öt év alatt összesen 1368 napot töltött a világűrben, alapvetően titkos küldetéssel. A három eddigi repülés a kaliforniai Vandenberg Légitámaszpont kifutójára való pontos, automatikus landolással végződött. Érdekes összehasonlítás, hogy a NASA űrrepülőgépei – igaz, hogy embereket szállítva – a működésük három évtizede alatt, 135 alkalommal összesen „csak” 1334 repült napot gyűjtöttek össze a Föld körüli pályán.

A fő hasznos teher mellett az Atlas-5 rakéta tíz nanoműholdat (CubeSat) is pályára állított. Köztük volt az amerikai civil szervezet, a Planetary Society által épített LightSail, ami egy kísérleti napvitorlás.

2015. június

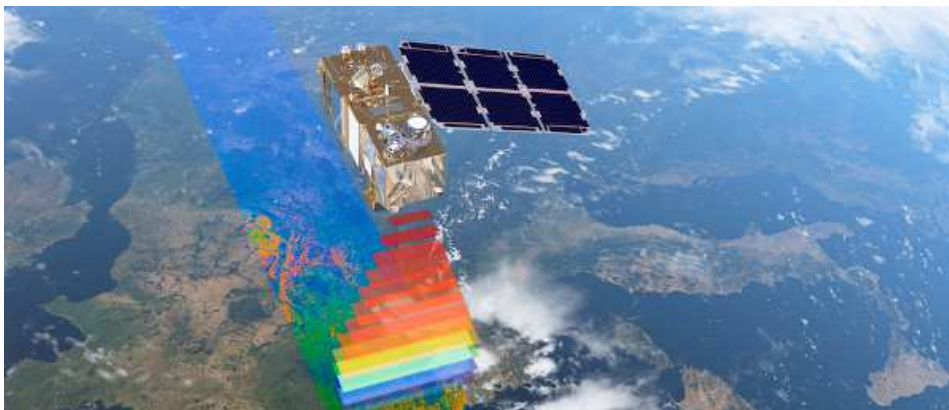
Felébredt a Philae! Június 13-án bejelentkezett a Rosetta szonda tavaly november óta néma leszállóegysége az üstökösmag felszínéről. A Philae „üzent” a földi irányítóknak, a 67P/Csurjumov-Geraszimenko-üstökök körül keringő Rosetta közvetítésével. Több mint 300 adatcsomagot vették az ESA darmstadti irányítóközpontjában. A jelek szerint a Philae képes volt átvészelni a 2014. november 15. óta tartó hibernációt, ami alatt a napelemeit nem érte elegendő besugárzás ahhoz, hogy a műszerek működéshez elegendő elektromos energiát termeljen. Ahogy az üstökök közelebb került a Naphoz, a rádiókapcsolatot 2015. március közepe óta próbálták felvenni a Philae-vel – egészen mostanáig sikertelenül. A jelek szerint a Philae most „jól van”, üzemi hőmérséklete -35°C , napelemeinek teljesítménye 24 W. Egyelőre 85 másodpercen át kommunikált az anyaszon-dával.

A hibernációt követő első, június 13-i rádiókapcsolatot követően június 14-én este ismét üzent a Philae. Ugyan ez alkalommal mindössze néhány másodpercig állt fenn a kapcsolat, a leszállóegység irányítói újabb fontos információkkal gazdagodtak. Ezek alapján a Philae belső hőmérséklete időnként már a 5°C -ot is elérte. Ezen a hőmérsékleten már lehetséges a fedélzeti akkumulátorok töltése,

ami hosszabb idejű méréseket illetve a nagyobb fogyasztású kísérletek üzemeltetését is lehetővé teszi! Mindez a korábbiakhoz képest kedvezőbb megvilágítási viszonyoknak köszönhető. Míg novemberben a napelemtáblák fordulatonként mindössze 1,3 órán át kaptak napfényt, ez az idő most már közel 1 órával hosszabb. Emellett a leszállóegység hibernálás előtti elforgatása/elfordítása is eredményesnek bizonyult, aminek köszönhetően az egyik nagyobb felületű napelemtábla akár maximális teljesítményen tud üzemelni. A korábbi félelmekkel szemben valamennyi napelemtábla éppen vészelte át a leszállás végső fázisát is.

Jelenleg még közel 8000 adatcsomag vár letöltésre. Ez egyben azt is jelenti, hogy a Philae jóval az anyaszondával történt első sikeres kapcsolatfelvétel előtt feléledt és adatokat gyűjtött, ennek időpontja viszont egyelőre még nem ismert. Annyit mindenesetre már lehet tudni, hogy az alapvető alrendszerek rendben működnek.

Pályán a Sentinel-2A. A legújabb európai földmegfigyelő műhold 13 színben „lát”, 290 km széles felszíni sávokat térképez majd fel poláris pályáról. Az Európai Unió és az ESA Copernicus programjának második műholdja június 23-án startolt a francia guyanai Kourou űrközpontból, egy szilárd hajtóanyagú Vega hordozórakétával. (A dél-amerikai indítóhelyen ekkor még június 22-ét mutatott a naptár.) A Vega számára a mostani volt a 2012-es bemutatkozás óta az ötödik start. Az orrkúp alá szerelt, 1140 kg-os űreszközt fővállalkozóként az Airbus Defense and Space cég építette. Fontos magyar vonatkozása, hogy a miskolci székhelyű Admatis Kft. beszállítóként számos szerkezeti részegység elkészítésére kapott megrendelést. Nem csak a Sentinel-2A, de az azonos felszereltségű Sentinel-2B is magyar alkatrészekkel repül majd. Ez utóbbit a tervek szerint 2016 őszén állítják majd pályára.



A Sentinel-2A a Föld körül. (Fantáziakép: ESA / ATG medialab)

Mit tudnak majd a 2-es számú Sentinelek? A tavaly óta már sikeresen működő Sentinel-1A-val ellentétben – s annak képességeit kiegészítve – nem radaros földmegfigyelést végeznek, hanem a látható fény tartományában lesznek érzékenyek. A Föld pólusai fölött húzódó, 786 km magas pályáról elsősorban a szárazföldek megfigyelése lesz a feladatuk, méghozzá 13 különböző optikai és közeli infravörös hullámhosszon (443–2190 nm hullámhosszak között). A poláris napszinkron pálya lehetővé teszi, hogy a földfelszín egy-egy területét a műhold minden visszatérése során a napnak ugyanabban az időszakában figyelje meg.

Az ESA legtöbb műholdjával ellentétben a Sentinelek nem tudományos célú űreszközök – igaz ez akkor is, ha az adataikat nyilván jelentős tudományos alkalmazásokhoz is használni fogják. A Copernicus programban épült műholdakat kifejezetten szolgálatsszerű működésre szánták. A lesugárzott adataik nyilvánosan és ingyenesen hozzáférhetők. Ezzel kívánják elősegíteni a műholdas távérzékelési adatok minél szélesebb körű hasznosítását, a társadalmi hasznosságot és a gazdasági fejlődést tartva szembe előtt. A sokféle alkalmazási terület között említhető a környezetvédelem, a felszínborítás változásának követése, a mezőgazdaság, a településtervezés, a katasztrófa-elhárítás. A Sentinel-2A a szükséges beüzemelés után a tervek szerint 3-4 hónap múlva kezdi meg rendszeres adatszolgáltatását, de az első képeire remélhetőleg már egy héten belül számíthatunk. A Sentinel-2A kamerájának felszíni felbontása 10 méteres, ami első hallásra nem tűnik finomnak, de erre az alkalmazásokhoz nincs is szükség. Tekintetbe véve a leképezett széles, 290 km-es sávot és a detektált 13 színt is, a paraméterek tekintélyt parancsolók.

A Sentinel-2 sorozat bizonyos értelemben a francia Spot és az amerikai Landsat műholdak hagyományait folytatja. Vannak, akik egyenesen „európai Landsatként” említik. A Sentinel-2 holdak leképezési sávja mintegy 100 km-rel szélesebb lesz, mint a már több mint négy évtizedes műltra visszatekintő Landsat sorozat legújabb tagjáé, a Landsat-8-é, s a felszíni felbontása is finomabb. A Sentinel-2A visszatérési ideje legfeljebb 10 napos lesz, míg a Landsat-8 csak 16 naponta képes a felszín egy adott területéről megismételt felvételt készíteni. Az amerikai földmegfigyelő műholdon ugyanakkor termális (távoli) infravörös hullámhosszakon érzékeny berendezés is repül.

Ha 2016 szeptemberében elindul a Sentinel-2B is, akkor olyan pályára állítják, amelyről jól kiegészíti most indított „ikertestvére” megfigyeléseit, 5 naposra csökkentve a visszatérési időt. (Ez az egyenlítői térségben érvényes, magasabb szélességeken a leképezett sávok átfedése miatt még rövidebb is lehet.) A Sentinel-2B egyébként egy orosz Rokot hordozórakétával jut majd Föld körüli pályára.

Mindkét műhold névleges működési élettartama 7 év, bár a fedélzetükön tartalékolt hajtóanyag akár 12 évnyi működést is lehetővé tesz. A két Sentinel-2 műhold elkészítése 350 millió euróba került (ebben az összegben nincsenek benne a pályára állítás költségei).

Folytassa, Rosetta! Az ESA döntött: a pénzen ne múljon! Ha bírja, az idei év vége helyett még 2016 szeptemberéig dolgozhat a 67P üstökösnél a Rosetta. A végén talán még le is száll rá... Az ESA Rosetta üstököskutató űrszondája 2004-ben indult hosszú útjára, majd 2014 augusztusában állt pályára az üstökösmag körül. Azóta ott végzi a méréseit, tavaly novemberben pedig lebocsátotta a felszínre a Philae leszállóegységet. (Mind a keringő, mind a leszálló szondán számos magyar részvétellel készült berendezés üzemel.)

A 67P jelű, a felfedezők (Csurjumov és Geraszimenko) nevét viselő üstökös most augusztus 13-án éri el pályája napközeli pontját, ahol a tevékenysége a legaktívabb. Az égitest – most már együtt az első ember alkotta űreszközzel, amely pályára állt egy üstökös körül – elnyúlt ellipszispályáján 6 és fél évente kerül meg egyszer a Napot. A Rosetta eredeti célja a napközelséget megelőző és közvetlenül követő időszak megfigyelése volt: hogyan változik az üstökösmag és környezete, mennyi por és gáz hagyja el a kis égitestet a besugárzás hatására. A program az eredeti tervek szerint 2015. december végén fejeződött volna be.

Az ESA tudományos programbizottsága úgy döntött, hogy további 9 hónapot kap a Rosetta, illetve a vele dolgozó kutatók és mérnökök. A finanszírozás meghosszabbításában nyilván szerepet játszottak az eddigi sikerek, illetve az is, hogy a novemberben csupán 57 órán át működött leszállóegység, a Philae nemrég „feléledt” és újból bejelentkezett a földi irányítóknál.

A 2016 szeptemberét követő újabb hosszabbításnak viszont már nem lesz értelme. Egyrészt addigra nagyjából elfogy a manőverezéshez használható hajtóanyag, a Naptól távolodva pedig egyre kevesebb energiát tudnak termelni a szonda napelemei, ami már nem lesz elegendő a műszerek üzemeltetéséhez. Másrészt jövő októberben az üstökös újra a Nap irányához közel látszik majd a Földről, ami megnehezíti vele a kommunikációt. A kutatók egyedülálló lehetőséget kapnak, hogy végigkövessék az üstökössaktivitás hanyatló szakaszát is, ugyancsak nagyjából egy éven át. Ennyi ideje vizsgálja a Rosetta a napközelség felé vezető, a feléledő aktivitással jellemezhető szakaszt is. Emellett alkalom nyílik arra, hogy a szonda egyre közelebből és közelebből vizsgálja célpontját. Könnyen előfordulhat, hogy az üstökösmaghoz közelebb repülve a nagyobb felbontású felvételeken sikerül majd egyértelműen azonosítani a Philae tényleges leszállóhelyét, amiről ezidáig nem lehet egészen biztosat tudni,

legfeljebb ígéretes „jelöltet” sikerült találni a 20 km távolságból készült képeken. A meghosszabbított programba beleférhetnek olyan eddig kockázatosabbnak ítélt manőverek, amik nyomán új típusú mérési adatokat is gyűjthetnek. Ilyen például az üstökös-mag éjszakai (árnyékos) oldala feletti repülés, ahol a plazma-, gáz- és porkörnyezetet vizsgálhatják.

S hogyan alakulhat majd a Rosetta vége? A legkézenfekvőbb és egyben legizgalmasabb – bár még véglegesen el nem döntött – végki-menetel, hogy a szonda valahogy leereszkedik az üstökös-mag felszínére. A lehetőségeket nagyban meghatározza majd az űreszköz akkori állapota is. Ez nem lenne sima leszállás abban az értelemben, hogy utána a fedélzeti műszerek vagy a kommunikációs antenna működőképes állapotban maradnának. Azonban közvetlenül a felszín elérése előtt, az üstökös-mag felé fokozatosan spirálózó, mintegy három hónapon át tartó süllyedés ideje alatt is végezhetnek majd értékes méréseket.

Megsemmisült a Dragon CRS-7. Az indítás során szerencsétlenül járt a SpaceX legújabb, a Nemzetközi Űrállomás felé indított teherűrhajója. Az amerikai magán-teherűrhajó a SpaceX vállalat Falcon-9 hordozórakétájával emelkedett a magasba a floridai Cape Canaveralról, június 28-án. Az északkeleti irányban repülő Falcon-9 mintegy 10 perccel a start után engedte volna útjára a teherűrhajót, amely fokozatosan, két nap múlva közelítette volna meg célpontját. Amint a repülés kódja (CRS-7) is jelzi, ez már a Dragonok hetedik szolgálat-szerű teherszállító útja az űrállomáshoz, a NASA megrendelésére. Az előző hat sikeresen zajlott, ez a mostani azonban nem... Az első hírek szerint emelkedés közben, 2 perc 20 másodperccel a startot követően a hordozórakéta és hasznos terhe felrobbant. Ez épp azelőtt történt, hogy az első rakétafokozat működése befejeződött és a kiürült fokozat levált volna.

A Dragon CRS-7 rakományának össztömege mintegy 1,9 tonna volt. Ennek legnagyobb része az űrhajósok számára szükséges ellátmány, használati tárgyak és élelmiszer. Ezen felül tartalék alkatrészek és az ISS üzemben tartásához szükséges tárgyak, valamint tudományos kísérleti berendezések és eszközök utaztak. A mostani lett volna az első teherszállítmány az űrállomáshoz, mióta áprilisban az egyik orosz Progressz teherűrhajó szerencsétlenül járt, s így egy ellátmány kimaradt. Emiatt a tervezetthez képest több élelmiszer és ruházati cikk került most a Dragon rakományába. Ennek ellenére igaz, hogy az ISS-en levő készletekkel akár októberig ki tudnák húzni az ott lakók, még akkor is, ha addig egyetlen teherűrhajó sem érkezne. Bár biztonsági tartalékokkal mindig számolnak, az ISS ellátása a korábbi időszakban szinte zökkenőmentes volt. 1998 és 2014

között a számos teherűrhajó közül csak egy járt szerencsétlenül. Az utóbbi egy év alatt viszont két baleset is becsúszott, tavaly egy amerikai Cygnus teherűrhajó, idén pedig egy Progressz veszett el. Ez a mostani a harmadik, ami most már meglehetősen aggasztóvá kezd válni.

A Dragon mostani repülése nyomán nem csak a raktárkészleteket töltötték volna fel, de a teherűrhajó külső, nem hermetizált terében eljutott volna az ISS-re egy új dokkolóberendezés (International Docking Adapter, IDA-1). Ezzel már arra az időszakra készülnek, amikor a SpaceX és a Boeing által a NASA megbízásából fejlesztett emberszállító magánűrhajóknak kell kapcsolódniuk a bázishoz. Szerpeltek a rakományban apró, CubeSat szabvány szerint épült műholdak, amelyeket később a japán Kibo modulból állítottak volna önálló pályára.

2015. július



Új főigazgató irányítja az ESA-t.

Július 1-jén lépett hivatalba Johann-Dietrich Wörner, az ESA új főigazgatója. Elődjével ellentétben korábban nem volt az ESA munkatársa, a Német Űrügynökségtől érkezett. Johann-Dietrich „Jan” Wörner 1954-ben Kasselben (Hessen, Németország) született. Tanulmányait a Berlieni Műszaki Egyetemen és a Darmstadti Műszaki Főiskolán végezte, ahol

1985-ben építőmérnöki diplomát szerzett. Egyetemi tanulmányai közben egy évet Japánban töltött, ahol az atomerőművek földrengésbiztos tervezésére vonatkozó kutatásokba kapcsolódott be. Az egyetem elvégzése után 1990-ig egy tervezőirodában dolgozott. 1990-ben visszatért az alma materbe, a Darmstadti Műszaki Főiskolán az építőmérnöki tanszék professzora lett. Később az újonnan létrehozott Építőmérnöki Kar dékánjává, majd 1995-ben az egyetem rektorává választották, amely funkciót 2007-ig töltötte be. Kiemelkedő tudományos munkáját számos kitüntetéssel és díjjal ismerték el, emellett a Berlin-Brandenburgi Tudományos Akadémia tagjai sorába is meghívták.

Szerte a világon több egyetem is a díszdoktorává választotta, így a Buffalói New York Állami Egyetem, a Bukaresti Műszaki Egyetem, az Ulan Batori Műszaki Egyetem, a Szentpétervári Gazdasági és

Pénzügyi Egyetem, valamint az École Centrale de Lyon (Franciaország). Több külföldi egyetem felügyelő bizottságában, tanácsadó testületében illetve kuratóriumában is tevékenykedett, több német cég felügyelő bizottságának is tagja volt. Mindezek mellett a német kormány energiapolitikai szakértői munkacsoportjában is dolgozott.

2007 márciusától 2015 júniusáig a Végrehajtó Tanács elnökeként a Német Repülő és Űrügynökség (DLR, Deutsche Luft- und Raumfahrtagentur) munkáját irányította. Ebben a minőségében az ESA Tanácsában a német delegáció vezetőjeként ő képviselte hazáját, valamint 2012–2014 között ő volt az ESA Tanács elnöke. Az ESA Tanács 2014. december 18-án döntött úgy, hogy 2015. július 1-jei hatállyal négy évre Johann-Dietrich Wörnert nevezik ki az ESA főigazgatójává.

Űrtörténelmi látogatás a Plútónál. A NASA New Horizons űrszondája 2006. január 19-én indult útnak, és 2015. július 14-én, magyar idő szerint 13:49:57-kor közelítette meg a leginkább a törpebolygót, a felszínéhez képest mintegy 12,5 ezer km távolságra. A tömörített mérési adatok Földre küldése az év vége felé fejeződött be. A nyers adatok lesugárzása még hosszú ideig eltart. Közben a New Horizons már úton van következő célpontja, a 2014 MU₆₉ Kuiper-égitest felé. A szonda mérései számtalan meglepetést hoztak. Alan Stern, a projekt vezető kutatója kiválasztotta a számára tíz legmeglepőbbet.



A Plútó holdjai méretarányosan: az 1212 km átmérőjű Charon és a négy „kicsi”. A New Horizons már az 1 km körüli átmérőjű holdakat is észrevette volna – ha lennének. De nincsenek... (Kép: NASA / JHU APL / SwRI)

Nincs több hold. A Plútónak öt holdját ismerjük, a Charont 1979-ben földi felvételeken fedezték fel, a többi négyet 2005-ben, illetve 2011–12-ben a Hubble-űrtávcsővel. A New Horizons közeli felvételein 20–30-szor jobb érzékenységgel vizsgálta a Plútó környezetét, ahol további holdak lehetnének, de nem talált továbbiakat.

A Plútó nagyobb az Erisnél. Korábban a Plútó átmérőjét 2033–2400 km közöttinek becsülték, de egyesek csak 2280 km-nek mérték. A New Horizons mérése szerint a Plútó átmérője 2374 ± 6 km. Ezzel szemben az Eris a legújabb mérések szerint 2326 ± 12 km átmérőjű. Egyértelmű tehát, hogy mégiscsak a Plútó a Kupier-övben a legnagyobb égitest, Stern megfogalmazása szerint „a Kupier-öv királya”. (A sors fintora, hogy éppen az Eris felfedezése és a Plútóénál nagyobbak vélt átmérője adta meg az egyik kegyelemdőfést a Plútónak, ez volt az egyik indok ún. „törpebolygóvá” minősítése mellett.)

A hegyek magasak (3–4 km). Nem az a meglepő, hogy a Plútón hegyek vannak, hanem a 3–4 kilométer közötti magasságuk. Összehasonlításképpen Stern a Plútóhoz hasonló nagyságú Tritont említi, ahol a Voyager szonda nem talált ezekhez foghatóan magas hegyeket.

Dűnék, dűnemezők (a ritka légkör ellenére). Nagy meglepetést okoztak a Plútó több területén is világosan felismerhető dűnék, dűnemezők. Elsősorban azért meglepő a létezésük, mert a Plútó ritka légkörében nem fújhat elég erős szél ahhoz, hogy az a felszíni anyagszemcséket dűnékbe rendezze. Stern arra gyanakszik, hogy esetleg a geológiai múlt egy vagy több időszakában a Plútó légköre a mainál lényegesen sűrűbb lehetett.

Kék ég (a számítások ellenére). Az ellenfényben készült felvételen a Plútó légköre határozottan kékes árnyalatúnak látszik. Bár néhány évvel ezelőtt Sternék kiszámították, hogy a földinél mintegy százezerszer ritkább légkörben nem működhet a földi ég kékségét okozó Rayleigh-szórás, úgy látszik a Plútó erről „nem tud”.

A Plútó komplexitása, felszíni változatosság. Itt sem a komplexitás ténye volt a meglepő, hanem a mértéke. A földi és Hubble-űrtávcsővel végzett megfigyelésekből várható volt, hogy a New Horizons összetett rendszert talál (ismert volt, hogy a felszín egyes részeit fagyott nitrogén, metán és szén-monoxid borítja, a légköri nyomás nőtt az 1980-as évek óta, látták az albedófoltokat éppúgy, mint a holdak összetett rendszerét), a rendszer komplexitása azonban minden várakozást felülmúlt. A kutatók „felturbózott Tritont” vártak, helyett „felturbózott Marsot” találtak.

Friss geológiai aktivitás nyomai (4 milliárd éves és 100 millió éves felszín). A mintegy 1000 km kiterjedésű világos síkságon egyáltalán nincsenek kimutatható becsapódási kráterek, ami arra utal, hogy a felszínnek ez a része legfeljebb 100 millió éves, vagy talán még fiatal-

labbb. Ezzel szemben a felszín sötétebb, kráterekkel sűrűn borított területeit nagyon ősinek, 4 milliárd évesnek becsülik. Nemcsak meglepő, hanem rejtélyes, milyen belső mechanizmus teheti máig (vagy legalább a közelmúltig) geológiailag aktív égitestté a Plútót. Ugyanakkor Stern a Tritonon működőkhöz hasonló gejzírekre számított, ilyeneket viszont nem találtak, ami (talán az egyetlen) negatív meglepetés.

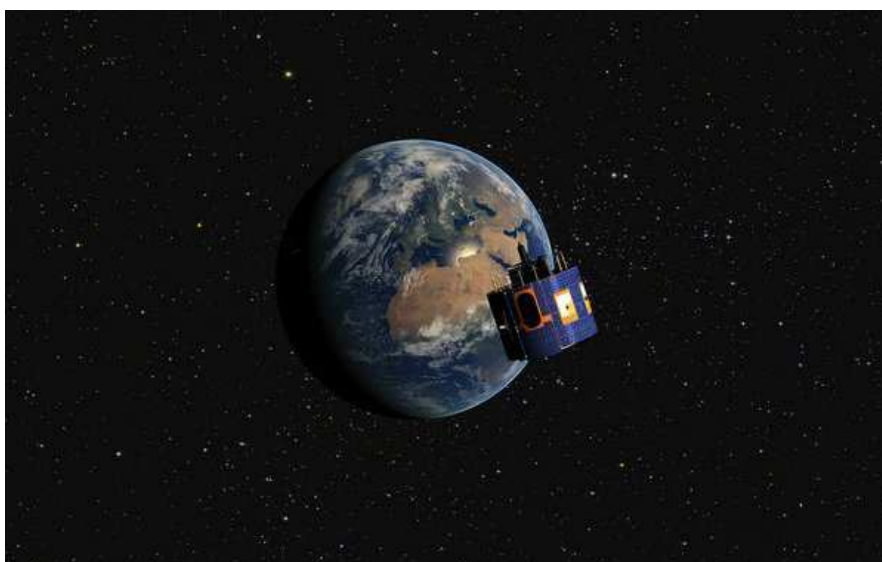
A laikusok fantáziáját is megragadó „Szív”. A New Horizons felvételein már 100 millió km távolságból is feltűnő volt a nagy kiterjedésű, világos, szív alakú terület. Szerencsére ez éppen a Plútónak azon az oldalán helyezkedik el, amely mellett a szonda július 14-én elrepült. Nem véletlenül ez szerepelt az órákkal a legnagyobb megközelítés után nyilvánosságra hozott első felvételen (és évkönyvünk címlapján is - a szerk.). Stern szerint ebben az esetben nem a jelenség geológiája az érdekes, hanem az az érzelmi többlet, amit a szív alak a bolygókutatás iránt közömbös laikusok számára jelentett.

A Charon az egyik legváltozatosabb szilárd felszínű égitest a Naprendszerben. A csupán 1200 km átmérő hold felszíne meglepően viharos geológiai múltrol tanúskodik, hosszú repedésrendszer, hegyvonulatok, árkok szabdalják a felszínét. A Charon északi pólusánál a 275 km átmérőjű, sötétebb területet jól kirajzolódó vetődés vagy hegylánc határolja, körülötte 450 km átmérőjű, világosabb terület helyezkedik el. (Az itt a felszínt borító sötétebb anyag talán a Charon belsejéből származik, de más feltevések szerint a Plútó légkörében képződő tholin egy része megszökik a Plútó vonzásából, és a Charon felszínére ülepszik le.) Világos, illetve sötét, kidobott anyaggal körülvett kráterek egyaránt látszanak, a sötétebb terület mellett egy 150 km-es, sekélyebb kráter nyomai vehetők ki.

Áramló, folyó gleccserek. A Plútó jéggel borított részein egyértelműen látszanak a jég folyásának a nyomai. A világos síkság peremvidékén jól láthatóak az áramlási nyomok, ahogyan a jég körülfolyja az útjába kerülő, szilárdabb felszíni alakzatokat.

Meteorológiai és távközlési hold Ariane-5-tel. Egyszerre állt pályára a legújabb európai Meteosat és egy brazil televíziós műsor-szóró műhold. A startra a francia guyanai Kourou űrközpontból került sor egy Ariane-5 nehézzrakétával, július 15-én. A rakéta orrkúpja alatt utazó két hasznos teher geostacionárius átmeneti pályára került, ahonnan később saját erőből „kapaszkodtak fel” a 36 ezer km magas, az egyenlítői sík közelében húzódó körpályára. A geostacionárius pályán a keringési idő megegyezik a Föld egy napos tengely körüli forgási periódusával. Ez előnyös mind a távközlési műholdak számára – ezek a Földről megfigyelve állandóan ugyanabban az irányban látszanak, így a vevőantennákat elég egyszer a he-

lyes irányba állítani –, mind az olyan időjárási holdak számára, amelyek folyamatosan szemmel tartják bolygónk felénk eső féltekéjét. A rakétától először a Star One-C4 televíziós műsorszóró műhold önállósult. Az 5565 kg-os űreszközt az amerikai Space Systems/Loral cég építette, az Embratel Star One vállalat számára. A fedélzeten elhelyezett 48 Ku-sávú transzponderrel dél-, közép- és észak-amerikai ügyfeleket szolgálnak ki. A már a 2016-os Rio de Janeiro-i olimpia közvetítéseire készülő Embratel műholdflottája hét tagot számlál. Az MSG-4 (Meteosat Second Generation-4) mintegy 40 perccel a start után került önálló pályára. Ez volt kerekén a nyolcvanadik Ariane-5 indítás, egyhuzamban a 66. hibátlan alkalom. 2015-ben harmadszor indult Ariane-5 Kourouból.



Az MSG-4 a Föld körül. Elsődleges műszere egy optikai és infravörös hullámhosszakon érzékeny kamera. A második generációs Meteosat holdak alapesetben 15 percenkénti frissítéssel szolgálnak új adatokkal, de szükség esetén 5 perces időközökkel is tudnak képeket küldeni.

(Fantáziakép: Eumetsat)

Az MSG-4 a negyedik és egyben utolsó a Meteosat műholdak második generációs sorozatából. Az európai geostacionárius időjárási műholdakat az Eumetsat nemzetközi szervezet üzemelteti (ennek Magyarország is teljes jogú tagja). A valamivel több mint 2 tonnás űreszközt a Thales Alenia Space építette. Az Eumetsat még 1993-ban indította az MSG programot, az első példány 2002-ben állt pályára. A most felbocsátott műhold már 2007-ben megépült, 2010-ben szerették volna indítani, de eddig a többi műhold vártnál jobb működése okán raktárban várta a „bevetést”. Az igazira azonban

még tovább is várhat, ugyanis a tervek szerint csak két és fél év múlva léphet tényleges szolgálatba, mire az elődjei közül valamelyik kidől. Amint hamarosan sikerül beüzemelni, az MSG-4-et átnevezik Meteosat-11-re.

Az MSG-4 (avagy Meteosat-11) a remények szerint a 2020-as évek elejéig szolgálhatja mérési adataival az időjárás-előrejelzési munkát, mire a harmadik generációs Meteosat geostacionárius holdak (Meteosat Third Generation, MTG) közül legalább kettő már pályán lesz. Ezek közül egyelőre háromnak a startjára már megszületett a megállapodás, ugyancsak Ariane-5 rakétákra, 2019 és 2023 között. Érdekesség, hogy az Eumetsat eddig nem alkalmazta a módszert, hogy már előre, pályán levő tartaléknak felbocsássonak egy műholdat. (A szervezet amerikai partnere, a NOAA rendszeresen él ezzel a megoldással.) Az előnye, hogy biztonságot ad: egy régi űreszköz váratlan meghibásodása esetén közel van a pótlás. Ugyanakkor a világűrben kevésbé jól viselik a múltó időt a berendezések, mint egy földi raktárban.

ISS: az oroszok is folytatják. Oroszország hivatalosan is értesítette partnereit, hogy legalább 2024-ig folytatni kívánja az együttműködést a Nemzetközi Űrállomás működtetésében. A döntés pontot tett azoknak a kétkedő megnyilvánulásoknak a végére, amelyek az utóbbi időben Oroszország és a nyugati államok viszonyának megromlása miatt az ISS-sel kapcsolatban is gyakorta elhangzottak. Mindamellett, a mostani döntés nem keltett különösebb meglepetést, mert az oroszok nem hivatalosan ugyan, de korábban is jelezték, hogy az ISS 2024-ig tartó közös fenntartásában gondolkodnak. A NASA és a Kanadai Űrügynökség már korábban megtette a hasonló kötelezettségvállalást. Később, decemberben a japán fél is úgy döntött, kiterjeszti a programban való közreműködését 2024-ig. Ezek után már csak az ESA és kötelezettségvállalása hiányzik az együttműködés jelenlegi formában történő folytatásához. Az ESA egyébként még a 2020-ig szóló kötelezettségvállalással is adós, megfigyelők szerint azonban az erről szóló döntés csak a 2016 végén esedékes, következő miniszteri szintű Tanácsülésen születhet meg. Arról továbbra sincs szó, mikor kellene kivonni a forgalomból az ISS-t. Előzetes becslések szerint legalább 2028-ig, vagy esetleg még tovább üzemben lehetne tartani, anélkül, hogy a karbantartásra fordítandó összegek drasztikusan emelkednének.

2015. augusztus

Amerikai űrhajósok Szojuzzal – 2018-ban is. A NASA a szűkös költségvetést okolja, amiért újra meg kell hosszabbítania az oroszokkal kötött megállapodást, hogy amerikai űrhajósok utazhassanak az ISS-re. Augusztus elején az amerikai űrhivatal hivatalosan is értesítette a Kongresszust, hogy 490 millió dollár értékben kiterjesztik a Roszkoszmoszsal fennálló szerződésüket. Mint közismert, a Nemzetközi Űrállomásra (ISS) való eljutást – emberek szállítására alkalmas saját űrhajó híján – az Egyesült Államok az űrhajósai számára csak úgy tudja megoldani, ha orosz Szojuz űrhajókon vásárol helyeket. (Az ISS üzemeltetésében követett munkamegosztás szerint az amerikaiak intézik az európai, japán és kanadai űrhajósok utazásait is.) A szolgáltatásba beleértendő az űrhajósok fel- és leszállítása, valamint a kiképzés biztosítása. A legutóbbi szerződés érvényessége 2017 végéig végrehajtott startokra terjedt ki. Tavaly még úgy gondolták, az lesz az utolsó ebből a fajta megállapodásból.

Most úgy tűnik, hogy bár a kereskedelmi alapon fejlesztett amerikai emberes űrhajók 2017-ben már próbautakat teljesíthetnek, de az ISS biztonságos, rutinszerű elérésére még nem biztos, hogy alkalmasak lesznek. A NASA költségvetésének az a szelete, amely a magánűrhajó-fejlesztések támogatását szolgálja, nem nőtt abban az ütemben, ahogyan azt az ügynökségnél remélték. Mivel kellő idővel előre kell tervezni, nem volt más reális választás, mint újra meghosszabbítani a szerződést az oroszokkal.

A 2018-as szerződés 6 helyre szól (az utolsó visszatérő 2019 elején érhet földet). Az árak mintegy 7%-kal emelkedtek az előző, 2017-es összegekhez képest: egy-egy ülésre leosztva az ISS elérése 81,7 millió dollárba kerül majd az amerikai adófizetőknek 2018-ban. Charles Bolden, a NASA vezetője a Kongresszushoz intézett levelében kifejtette, hogy ha a NASA 2010 óta megkapta volna a kért költségvetési támogatást a kereskedelmi alapon zajló űrhajófejlesztésekre, akkor erre a szerződeshosszabbításra nem lett volna szükség. Legutóbb a kért 1,243 milliárd helyett várhatóan csak 900 millió jut erre a tevékenységre a NASA amúgy enyhén növekvő teljes költségvetéséből. Emiatt a Boeing és a SpaceX cégek fejlesztései a remélt-nél lassabban fognak haladni.

A Szuzaku vége. Egy évtized után befejezte működését a japán röntgencsillagászati műhold. A Szuzaku (angolos átírással: Suzaku) 2005. július 10-én indult Japánból, egy M-V hordozórakétával, még Astro-E2 néven. A megjelölésben a kettes szám azt jelentette, hogy a műhold a 2000-ben a start során szerencsétlenül járt eredeti példány pótlására készült.

A Szuzaku feladata az univerzum legnagyobb energia-felszabadulással járó jelenségei közül a szupernóva-robbanások, valamint a galaxisok közepén található szupernagy tömegű fekete lyukak közvetlen környezete és a galaxishalmazok megfigyelése volt az elektromágneses spektrum röntgentartományában.



A Japán Űrügynökség (JAXA) bejelentette, hogy lekapcsolták az űrtávcsövet, amely az utóbbi időben már nem tudott folyamatosan kommunikálni a földi irányítókkal. A lekapcsolás annyit jelentett, hogy a fedélzeti akkumulátorokat leválasztották az áramkörökről, ezzel is csökkentve az esélyét, hogy később valamilyen robbanás szétvesse a műholdat, űrszemétfelhővé változtatva a törmelégeit. Az immár végérvényesen elhallgattatott Szuzaku természetesen továbbra is kering a Föld körül, de már irányítatlanul. Pályamagassága kb. 550 km, ahonnan a számítások szerint 2020 előtt nem éri el a légkör sűrű rétegeit, hogy végleg megsemmisülhessen. A JAXA és az amerikai NASA együttműködésében készült tudományos műszerekkel felszerelt űreszközt eredetileg két évig tartó működésre tervezték, amit jócskán túlteljesített. A NASA vezetésével épült röntgenspektrométer sajnos a start után alig egy hónappal felmondta a szolgálatot, váratlanul elillant a hűtést biztosító folyékony hélium. A négy fedélzeti röntgenteleszkóp azonban egészen mostanáig üzemképes maradt.

A röntgensillagászati megfigyelésekhez az észlelőberendezéseket a légkörön túlra kell juttatni, mivel a földi légkör elnyeli a világűrből érkező röntgensugárzást. A Szuzaku volt Japán ötödik röntgensillagászati célú műholdja. A következőre sem kell sokat várni, hiszen az Astro-H már 2016 elején pályára állhat.

2015. szeptember

Két új kínai rakéta. Szeptemberben indult első útjára Kinából a Hosszú Menetelés-6 és -11 jelzésű rakétatípus is. Szeptember 20-án Tajjüanban (Taiyuan) bemutatkozott a Hosszú Menetelés-6 (CZ-6) hordozórakéta. Egyszerre húsz kisebb műholdat állított alacsony Föld körüli pályára. A kínai egyetemek és intézmények által gyártott

mikro- és nanoműholdak elsősorban technológiai kísérleti és rádióamatőr célokat szolgálnak. A Shanghai Academy of Spaceflight Technology (SAST) által kifejlesztett hordozóeszköz szakít azzal a már nem túl haladónak számító hagyománnyal, hogy a kínai rakéták üzemanyaga erősen mérgező összetevőkből áll. Az új generációs, a korábbiaknál környezetbarátabb rakéta egy sor modern technológiai megoldással, és folyékony oxigént és kerozint használó hajtóművekkel épült. A teljes egészében hazai kínai fejlesztés révén költségkímélő, megbízható és rugalmasan bevethető hordozóeszközhöz juthatnak a kínaiak. A CZ-6 kapacitása nem nagy, legfeljebb 1 tonna hasznos tömegnek alacsony (700 km-es) poláris napszinkron pályára való juttatásához elegendő. (Ezzel például az európai Vega vagy az orosz Angara-1 rakétával tartozik egy kategóriába.)

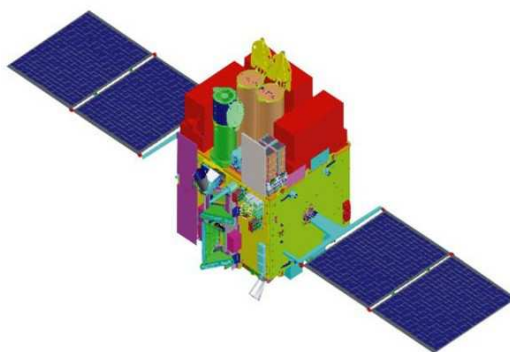
Egy másik új hordozórakéta, a Hosszú Menetelés-11 (CZ-11) néhány nappal később, szeptember 25-én debütált Csiucsüanból (Jiuquan). Fő hasznos terhe három Tienvang-1 (Tianwang-1) műhold volt. A kisméretű űreszközökkel a kötélekrepüléssel és a műholdak közötti kommunikációval kapcsolatos kísérleteket végeznek majd Föld körüli, kb. 500 km magas poláris napszinkron pályán. A Tienvang-1A és -1B két egységes (2U), a Tienvang-1C pedig három egységből álló (3U) CubeSat.

A Nancsingban (Nanjing) épült Tienvang holdak az egymás közötti kapcsolattartáshoz a portugál Tekever cég technológiát (GAMALINK) alkalmazzák. Ezt az ESA 2018-ban induló Proba-3 programjához is használják majd (ebben egy koordináltan repülő műholdpáros egyik tagja a Nap koronáját figyelő majd, míg a másik kitakarja a fényes napkorongot). A kínaiak dán és svéd közreműködő partnereket is bevontak a Tienvang műholdak fejlesztésbe. A CubeSatok területe viszonylag új a kínaiak számára. A fedélzetén a kommunikációs kísérletek mellett műholdas navigációs (GPS és Beidou) vevőberendezéseket, videokamerákat, hideggázos hajtóműfűvókákat, a tengeri hajók forgalmát figyelő AIS (Automatic Identification System) és a repülőgépek rádiós azonosító jeleit vevő ADS-B (Automatic Dependent Surveillance Broadcast) vevőberendezéseket is elhelyeztek. A rakétával egy negyedik miniatűr kísérleti műhold (neve Pucsien-1, pinjin átírással Pujian-1) is pályára került.

Az új Hosszú Menetelés-11 rakéta szilárd hajtóanyaggal működik. A viszonylag kis kapacitású hordozóeszköz célja, hogy „gyors reagálású” startlehetőséget biztosítson. A hajtóanyag lehetővé teszi, hogy a kész rakétát hosszabb időn át tárolják, és szükség esetén gyorsan, egyszerűen előkészítsék indításra. Magáról a rakétáról nagyon kevés információt hoztak eddig nyilvánosságra. A becslések szerint mintegy 1 tonna tömeget lehet képes napszinkron pályára juttatni. A rakéta fejlesztése igen gyors volt, 2013-ban kezdődött.

A Hosszú Menetelés rakétacsalád két másik újonnan készülő tagja (az 5-ös és 7-es számúak) 2016-17-ben mutatkozhat be. Az előbbi (CZ-5) akár 25 tonnát is eljuttathat alacsony pályára (vagy 14 tonnát geostacionárius átmeneti pályára), s ugyancsak környezetkímélő hajtóanyagot alkalmaz. A CZ-7 tervezett kapacitása ennél kisebb: 5,5 tonna tömeg alacsony Föld körüli pályára.

Pályán India első űrtávcsöve. Az ultraibolya és röntgentartományban érzékeny Astrosat mellett hat kisebb műhold indult PSLV rakétával. A startot szeptember 28-án hajtották végre a Sriharikota szigetén fekvő Satish Dhawan Űrközpontból. A mostani volt az 1993-ban rendszerbe állított indiai PSLV (Polar Satellite Launch Vehicle) hordozórakéta 31.



repülése, a tizedik az XL konfigurációban. Az Astrosat India első kifejezetten űrcsillagászati céllal épített mesterséges holdja. A programot 2004-ben kezdték tervezni. A 27 millió amerikai dollárnak megfelelő költséggel 5 éves működési időtartamra készült, 1513 kg tömegű űreszköz 650 km magas, az egyenlítői síkhoz közeli (6°-os hajlásszögű) pályán kering a Föld körül. Fedélzetén egy ultraibolya távcső és a röntgentartományban érzékeny berendezések repülnek, amelyekkel például a csillagok születését és halálát, a neutroncsillagok, fekete lyukak környezetét, röntgensugárzó kettőscsillag-rendszereket vizsgálnak majd. Az Astrosat űrobszervatórium lesz, vagyis nem a teljes égbolt feltérképezését végzi, hanem csillagászok pályázatai alapján kiválasztott célpontokat figyelnek meg vele. A műszerek indiai intézetekben, illetve a brit Leicesteri Egyetemen készültek.

2015. október

Négy Csilin. Egy nagy projekt kezdete. A Kinából indított földmegfigyelő műholdak a megépítésüket kezdeményező tartományról kapták a nevüket. Az Észak-Koreával és egy rövid szakaszon Oroszországgal is határos kínai tartomány, Csilin (Jilin) nevét mostantól mesterséges hold is viseli – és ez még csak egy óriási terv első lépése. A Csilin-1 (Jilin-1) sorozat négy (A, B, C és D jelzésű) tagját egy Hosszú Menetelés-2D rakéta állította pályára. A start helyszíne

Csiucsüan (Jiuquan), időpontja október 7. volt. A Csilin műholdak egyike (egyes források egyszerűen Csilin-1-ként hivatkoznak rá) nagyfelbontású űrfelvételeket készít a Föld felszínéről. Közülük másik kettő (alternatív elnevezéssel Lingcsiao-A és -B, avagy pinjin átírással Lingqiao-A és -B) videofelvételeket szolgáltat, a negyedik (LQSat) pedig a jövőben alkalmazandó műszaki megoldásokat próbál ki a Föld körüli pályán, működés közben. A műholdas rendszer kereskedelmi megrendelők igényeit elégíti majd ki, többek közt mezőgazdasági termésbecslésre, katasztrófa-megelőzésre, természeti erőforrások kutatására alkalmazzák a távérzékeléssel gyűjtött adatokat. Valójában ez az első olyan kínai műholdas projekt, amely tartományi fejlesztésű földmegfigyelő űreszközt alkalmaz, kereskedelmi célú hasznosításra.

Csilin tartomány Kína egyik jelentős ipari vidéke, ahol az űripar fejlesztésére stratégiai célként, a gazdasági növekedés motorjaként tekintenek. Az elképzelések szerint a 2020-as évekig 60, 2030-ig több mint 130 műholdat szeretnének építeni és felbocsátani. A mostani négy hold startja volt a kezdeti lépés, amit 2016 és 2019 között továbbiak követnek. Addigra 16 pályán levő műholddal olyan globális távérzékelő lefedettséget szeretnének elérni, ami biztosítja, hogy bárhol a Föld nappali féltekéjéről 3-4 óránként friss felvételeket készíthessenek. Később a 60 műholdas konstelláció 30 perces űrfelvétel-frissítésre biztosítana lehetőséget, a végső kiépítésben 138 műholddal pedig lényegében „élőben”, legfeljebb 10 perces visszatérési idővel tarthatnák szemmel az egész Földet.

A Csilin-1 (vagy Csilin-1A) tömege 420 kg. Pánkromatikus (fekete-fehér) üzemmódban 72 cm-es, színesben 4 m-es felszíni felbontású űrfelvételeket tud majd készíteni 656 km magasan húzódó, kvázi-poláris napszinkron pályáról. A Lingcsiao-A és -B holdak egyenként 95 kg-osak, szélességük és hosszúságuk alig haladja meg az 1 métert. A velük készített földfelszíni videók 1,13 m felbontásúak, $2,4 \times 4,3$ km-es sávokat fednek le. Pályájuk hasonló, mint a nagyobbik társuké. Az 1 éves működési élettartamra szánt kísérleti LQSat mikroműhold ($40 \times 40 \times 60$ cm, 54 kg) egy 2 m-es felbontásra képes kamerát visz magával.

2015. november

15 éve lakott az ISS. Ennyi ideje van megszakítás nélkül jelen az ember a világűrben. 2000. október 31-én indult a világűrbe a Nemzetközi Űrállomás első legénysége, 2000. november 2-a óta folyamatosan lakott az ISS. Az első legénység (Jurij Gidzenko, Szergej Krikaljov és William Shepherd) 2000. október 31-én a Szojuz TM-31

űrhajóval indult Bajkonurból, majd két nappal később, november 2-án 9:21 UTC-kor kapcsolódtak a Zvezda modulhoz. Űrhajójuk volt az első Szojuz, amelyik az ISS-hez kapcsolódott. Ezzel kezdetét vette az 1. állandó személyzet (Expedition 1) 136 napos, 2001. március 18-ig tartó küldetése. (Krikaljov később, a 11. személyzet parancsnokaként újabb fél évet töltött az ISS-en, így korábbi űrrepüléseivel együtt 803 napot töltött a világűrben.) Az ISS azóta is lakott, ezzel már rég túlszárnyalta a Mir folyamatosan lakott időtartamát (9 év 357 nap).

Korábban is jártak már azonban űrhajósok az ISS-nél. Öt űrrepülőgépes küldetés 34 űrhajosa vett részt az ISS építésében (az amerikaiakon kívül öt orosz, valamint egy-egy japán és kanadai). 1998-ban az Endeavour vitte fel az első amerikai modult (Unity), 1999-ben a Discovery már összekapcsolódott az űrállomással. A küldetések fő célja az ISS építése és lakhatóvá tétele volt.

Az első hat állandó személyzet 3–3 főből állt, akik 128–196 nap közötti időtartamokat töltöttek a fedélzeten. Az egyes küldetések között mintegy kéthetes átfedés volt, ilyenkor hatan tartózkodtak az ISS-en. A Columbia katasztrófáját követően 2003–2006 közt a következő hat állandó személyzet csak két-két űrhajósból állt, akik általában fél évig (179–195 nap) dolgoztak az ISS-en. 2006-tól néhány lépésben alakították ki az azóta szokásos rendszert. Eszerint egy alapküldetés (Expedition) negyed évig tart, az űrhajósok viszont fél évet töltenek a fedélzeten, tehát mindenki két egymás utáni, negyedéves tartós küldetés részese. Az évek alatt bejáratódott rend mostanában billent meg egy kissé, amikor két, jelenleg is az ISS-en dolgozó űrhajós egy éves küldetésre indult.

Jelenleg (a Szojuz TMA-16 szeptember 12-i leszállása és a Szojuz TMA-19 decemberre tervezett indulása közötti időben) elmondható, hogy – az űrturistákat is beleértve – már 17 ország állampolgárai fordultak meg az ISS-en. A kettős állampolgárokkal és egyesek származási helyét figyelembe véve a lista perzsa, Costa Rica-i, brit, magyar és ausztrál űrhajóssal bővül. Összesen 220 űrhajós járt az ISS-en, méghozzá 373 alkalommal (79-en kétszer, 28-an háromszor és hatan négyszer). Közülük 99-en voltak valamelyik állandó személyzet tagjai. Az űrhajósok többsége amerikai, illetve orosz, őket a japánok, a kanadaiak és az olaszok követik a sorban. Az állandó személyzetek tagjai viszont csak kilenc ország polgárai közül kerültek ki, a felsorolt nemzeteken kívül francia, német, belga és holland űrhajósok töltöttek hosszabb időt az ISS-en.

Emeljük ki név szerint azt a három amerikai és három orosz űrhajóst, akik négy-négy alkalommal is meglátogathatták hosszabb-rövidebb időre az ISS-t: Mark E. Kelly (a jelenleg az ISS-en egyéves küldetését teljesítő Scott Kelly ikertestvére), Richard A. Mastracchio

és Frederick W. Struckow, illetve Jurij Malencsenko, Gennagyij Padalka és Fjodor Jurcsihin. Az ESA 15 űrhajóst küldhetett az ISS-re, akik összesen 21 repülést hajtottak végre az űrállomáson (négyen kétszer, az olasz Roberto Vittori pedig háromszor járt az ISS-en).

Az európai űrhajósok közül nyolcan voltak az állandó személyzet tagjai, az ISS-nek pedig eddig egyetlen európai parancsnoka volt, a belga Frank De Winne 2009-ben, a 21. személyzetben. Decemberben a Szojuz TMA-19 fedélzetén újabb ESA űrhajós indul az ISS-re, a brit Timothy Peake.

Ugrott és épségben visszatért. Sikeresen próbálták ki a Blue Origin rakétáját és szuborbitális űrkabinját, amelyek 100,5 km magasságig jutottak. November 24-én az Amazon-tulajdonos Jeff Bezos alapította Blue Origin cég bejelentette, hogy a szuborbitális repülésre kifejlesztett New Shepard járművük második tesztrepülése sikerrel járt. (A név Alan Shephardre, az első amerikai űrhajósra utal.) Nyugat-Texasból az előző napon indulva a folyékony hidrogénnel és folyékony oxigénnel működő BE-3 (Blue Engine-3) rakéta elérte a világűr „peremét”, valamivel 100 km-es felszín feletti magasságig emelkedve. Maximális sebessége a hangsebesség 3,72-szorosa volt (Mach 3,72).



Ezután az utasokat természetesen még nem szállító kapszula levált és ejtőernyő segítségével landolt, miközben a jármű többi részének rakétás fékezéssel sikerült épségben, függőleges helyzetben, irányítottan leszállnia az előre kijelölt helyre. Áprilisban, az első teszt

alkalmával 93 km-es magasság fölé jutottak, de akkor egy hidraulikus hiba megakadályozta a sima landolást.

A mostani próbarepülés fényesen igazolta a rendszer működőképességét. A New Shepard minden modulja újra felhasználható. Egyelőre nem közölték, pontosan mikor repülnének újra, a következő tesztre, de ez akár néhány héten belül bekövetkezhet, ha a mostani kísérlet utáni vizsgálatok mindent rendben találnak. A mostani tesztről sem lehetett előre tudni, csak 18 órával a felszállás előtt. A Blue Origin láthatóan óvatos a kommunikációval.

Az emberekkel való felszállásig még számos kísérleti repülésre lehet számítani, hogy bebizonyosodjon: a rendszer megbízhatóan működik, s akár különleges körülmények között is jól vizsgázik. A tervek szerint akár már 2016 közepén elkezdődhetnek a kereskedelmi megbízásból történő repülések, de egyelőre emberek nélkül, kísérleti berendezésekkel a fedélzeten. Az emberes űrturista-repülések megkezdéséig óvatosan néhány évet mondanak, de minden a tesztek sikerén múlik. A fő szempont a biztonság. A cég a New Shepard mellett egy „igazi”, vagyis a Föld körüli pályára állásra is képes hordozóeszköz kifejlesztésén is elkezdett dolgozni. Annak a rakétának az első fokozata egy óceánon úszó platformon fog leszállni, hogy újra felhasználható legyen. Hasonló kísérleteket végez a SpaceX a Falcon-9 rakétájának első fokozatával – mindeddig csak részsikereket elérve.

2015. december

Úton a LISA Pathfinder. A gravitációs hullámok űrbeli detektálására kifejlesztett műszaki megoldásokat kipróbáló európai űreszköz egy Vega rakétával indult. A LISA Pathfinder az ESA 2034-ben – tehát majdnem két évtized múlva – indítandó eLISA (Evolved Laser Interferometer Space Antenna) küldetését készíti elő. Az eLISA számára kritikus technológiák működésének űrbeli demonstrációját szolgáló mostani űreszköz december 3-án emelkedett a magasba a francia guyanai Kourou űrközpontból, a Vega hordozórakéta VV06 jelzésű startjával.

A LISA Pathfinder a Nap–Föld rendszer belső, L1 jelű Lagrange-féle librációs pontja felé tart, mintegy másfél hónap múlva ér oda. Először alacsony Föld körüli pályára állt, ahonnan fokozatosan távolodik majd. Ha célhoz ér, a Napot és a Földet összekötő egyenesben, a Földtől a Nap irányába mérve kb. 1,5 millió km távolságban ugyanúgy 1 év alatt kerüli majd meg a Napot, mint bolygónk. Így állandóan a Nap és a Föld között marad.

Az eLISA egy rendkívül ambiciózus űrprogram, célja az Einstein-féle általános relativitáselmélet által megjósolt gravitációs hullámok

detektálása. Ezeket egyelőre közvetlenül nem, csak közvetve sikerült kimutatni. Mire az eLISA repülni fog, addigra minden bizonnyal a földi gravitációs hullám-detektorok megfigyelései is eredménnyel járnak majd, de az űrbeli rendszer más típusú (alacsonyabb frekvenciájú) gravitációs hullámokra lesz érzékeny. A gravitációs hullám valószínűleg a téridő görbületének hullámszerűen, a fény sebességével továbbterjedő megváltozása, amit gyorsuló tömegek keltenek. A legerősebb csillagászati jellegű források például az egymáshoz nagyon közel keringő, összeolvadás előtt álló csillagok vagy a galaxis-magokban található szupernagy tömegű kettős fekete lyukak.

A gravitációs hullámok kimutatásának egyik lehetséges módja két test egymáshoz képesti gyorsulásának nagyon pontos mérése. Az áthaladó „téridő-fodrozódás” következtében igen kis mértékben, de megváltozik a testek távolsága. Az eLISA egy kb. 1 millió km karhosszúságú, nagyon precíz lézerinterferométer lesz, amely 0,1 és 1 Hz közötti frekvenciájú, a földi detektorokkal nem elérhető tartományú gravitációs hullámokra „vadászik”, kiegészítve a hagyományos, az elektromágneses sugárzás detektálásán alapuló csillagászati méréseket.

A detektáláshoz az interferométer karjainak végén tökéletes tehetlenségi pályán mozgó űrszondákra van szükség: a rájuk ható bármiféle fékezőerőt kompenzálni kell. A cél a karok hosszváltozásának kimutatása, aminek az amplitúdója 10-20 nagyságrenddel is kisebb lehet, mint maga a hossz. A szondák belsejében szabadon repülő próbatestek jelképezik a karok végpontjait. Ezek távolságváltozásait kell mérni nagyon pontosan, hosszú időn át. Az eLISA-t úgy tervezik, hogy érzékeny legyen a karhosszúság 10^{-21} arányú megváltozására, vagyis az 1 millió km-es bázisvonal pikométeres (10^{-12} m-es) nagyságrendű periodikus megnyúlását vagy megrövidülését is ki tudja majd mutatni! A most felbocsátott, 400 millió euróba kerülő LISA Pathfinder feladata tehát most még nem a gravitációs hullámok detektálása. „Mindössze” kipróbálja a precíz lézeres távolságmérési módszert, valamint belsejében két kocka alakú, 46 mm-es arany-platina próbatest repül majd úgy, hogy a körülöttük levő űreszköz falával nem érintkeznek. Távolságuk mindössze 38 cm. Tesztelik azokat a mikrohajtóműveket is, amelyek feladata a szondára ható, a mérést zavaró gyorsító erők – például a Nap sugárnyomása – folyamatos kompenzálása.

A közelben járt a Hayabusa-2. A japán kisbolygókutató űrszonda a Földtől mintegy 3000 km-re elrepülve lendületet vett úti célja felé. A hintamanőver alkalmával a pont egy évvel ezelőtt indított Hayabusa-2 a legnagyobb megközelítéskor 3090 km-es magasságban repült el a Csendes-óceán fölött, Hawaii közelében. A pontos

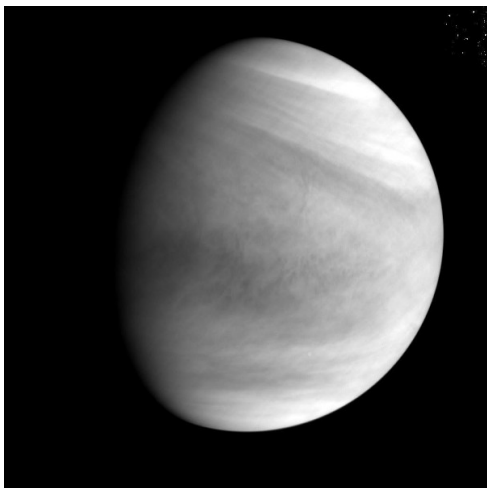
időpont december 3-án, közép-európai idő szerint 11:08-kor volt. Az űrszonda fedélzetén minden rendben működik. A Hayabusa-2 hat évesre tervezett programja 2020-ban fejeződik be, amikor – ha előtte minden a tervek szerint alakul – a visszatérő kapszula anyagmintát hoz a 900 m átmérőjű Ryugu (1999 JU₃) kisbolygóról, ahová 2018-ban érkezik meg.

Újra Cygnus. Egy Atlas-5 rakéta segítségével indult újra az amerikai teherszállítás a Nemzetközi Űrállomásra. Az Egyesült Államokban két teherűrhajó-típust használnak az ISS ellátására, de az utóbbi időben mindkettő működése kényszerűen szünetelt, egy-egy startbaleset után. Most az Orbital ATK cég Cygnus űrhajója újra szolgálatba állhatott, miután 2014 októberében egy sikertelen start során az előző példánya megsemmisült. (A SpaceX Dragon teherűrhajója 2015 júniusában járt szerencsétlenül.) Igaz, ezúttal nem az Orbital ATK saját Antares hordozórakétáját használták, annak még több idő kell, míg ismét üzembe állhat. A NASA-t és a teherűrhajót üzemeltető magánvállalatot a United Launch Alliance (ULA) „segítette ki” egy Atlas-5 hordozórakétával. A Cygnus Orb-4 jelzésű repülése a floridai Cape Canaveralról indult, december 6-án – a kedvezőtlen időjárás miatt három napi várakozás után.

Az Orbital ATK és az ULA megállapodása szerint jövő év márciusában még egy Cygnus teherűrhajó indul a megbízható Atlas-5 rakétával. (A hordozóeszköz 2002 óta korábban 59 alkalommal repült, sosem vallott kudarcot.) A szerződés pénzügyi részletei nem nyilvánosak, de elemzők szerint egy Atlas-5 start 100 millió dollárnál többbe kerül. A megoldás ugyanakkor lehetővé teszi az Orbital ATK számára, hogy teljesítse a NASA-val kötött teherszállítási megállapodását, miközben újratervezi saját Antares rakétáját.

A Cygnus számára az ISS elérése két és fél napba telt. A szállítmányt már váró személyzet a megszokott robotkaros befogás után csatlakoztatta a teherűrhajót a Unity modulhoz, december 9-én. A rakomány teljes tömege a csomagolóanyagokkal együtt valamivel több, mint 3,5 tonna. Benne helyet kaptak az űrhajósoknak szánt használati tárgyak és ellátmány, az ISS tartalék alkatrészei, tudományos kísérleti eszközök és minták. A teherűrhajó a tervek szerint 2016. január 25-éig marad az űrállomásnál. Addig megpakolják feleslegessé vált dolgokkal, mintegy 1,4 tonna tömegben, s a végén a megszokott módon az egész megsemmisül a Föld sűrű légkörébe lépve.

A Vénusznál a japán szonda. Amit 5 évvel ezelőtt elszalasztott, azt most végrehajtotta az Akacuki: pályára állt a Vénusz körül. A Japán Űrügynökség (JAXA) szakemberei szerint a kritikus, magyar



A felvételt az Akacuki ibolyántúli kamerájával készítették, a Vénusztól 73 ezer km távolságban, december 7-én, magyar idő szerint 6:19-kor. (Kép: JAXA)

idő szerint december 7-én 00:51-kor indított pályamódosító manőver sikerrel járt. Még néhány napba telt, amíg mérésekkel is meg tudták erősíteni, hogy az űrszonda valóban elérte a tervezett Vénusz körüli pályát. Az Akacuki (Akatsuki, Venus Climate Orbiter, korábbi nevén Planet-C) 2010 májusában indult és még abban az évben, decemberben megkísérelt pályára állni belső bolygósomszédunk körül.

A szonda fő hajtóműve azonban a tervezettnél rövidebb ideig működött. Így az űreszköz elvettette a Vénuszt, tovább keringett a Nap körül. Mostanra ismét a bolygó közelébe jutott. Ezúttal a kisebb tolóerejű, eredetileg a pá-

lya apróbb korrekcióira és a szonda térbeli irányának beállítására szánt manőverező hajtóműveket használták a fékezéshez. A manőver mintegy 20 és fél percen át tartott, és rendben lezajlott.

A japán szakemberek így valamit meg tudnak menteni az eredeti kutatási programból. Az Akacuki lesz az egyetlen űrszonda, amely jelenleg a Vénusznál tartózkodik. A fékezőerő most csak egy elnyúlt, a felszín fölött nagy magasságban (475 ezer km-ig) húzódó pályára állást tett lehetővé. A pálya Vénusztól távoli pontját márciusban igyekeznek majd kb. 330 ezer km-re csökkenteni. Az eredeti, 2010-es elképzelés szerint az Akacuki alacsony, 30 órás periódusú pályáról vizsgálta volna a bolygó sűrű légkörét öt különböző hullámsávban érzékeny kamerájával. Most ehelyett 15 napos, később, a márciusi manőver után talán 9 napos pályát sikerül elérni. A remények szerint az űreszköz még két (földi) éven át üzemképes maradhat. Az élettartama nagyban függ attól, mennyi hajtóanyag maradt a fedélzeten, amit nehezen lehet megbecsülni.

Az utolsó Zenyit? Úgy fest, az orosz Elektro-L2 meteorológiai műhold volt az utolsó, amelyet Zenyit hordozórakétával állítottak pályára. Az orosz-ukrán készítésű Zenyit sorsát a két ország konfliktusa látszik megpecsételni. Ha csak valami komoly változás nem történik, a mostani bajkonuri start volt az utolsó, amelyhez ezt a rakétatípust használták. Fejlesztése az 1970-es évek Szovjetuniójában

kezdődött, azzal a céllal, hogy modernizálják az 50-es és 60-as évekre visszanyúló múlttal rendelkező hordozóeszközöket. Most, ironikus módon, a felváltandó régi típusok mégis túlélni látszanak a Zenyitet. A december 11-én pályára állított Elektro-L2 egy geostacionárius pályára szánt orosz meteorológiai műhold. A sorozat első tagja ugyancsak egy Zenyit rakétával startolt majdnem öt évvel ezelőtt, 2011 januárjában. Az 1,8 tonnás starttömegű Elektro-L2 a Lavocskin vállalatnál épült, 10 éves tervezett időtartamra. A geostacionárius pályán a $77,8^\circ$ keleti hosszúság fölötti pozícióba kerül, ahonnan zavartalanul figyelheti a Föld felé eső féltekéjét. Az Elektro-L holdak jelentik Oroszország első operatív geostacionárius időjárás-műholdrendszerét. A látható fény tartományában és infravörösben alapesetben félórás frissítéssel – szükség esetén sűrűbben – készítenek képeket. A műholdak adatait a polgári meteorológiai szolgálat és a hadsereg is alkalmazza. Fedélzetükön az űridőjárást tanulmányozó érzékelők, és a műholdas keresési és mentési rendszert kiszolgáló kommunikációs berendezés is helyet kapott.

A Juzsnoje iroda által tervezett Zenyit rakétát az ukrainai Dnyepropetrovszkban működő Juzsmas gyár készíti. A hordozóeszköz korábban, 1985-ös bemutatkozása óta 82 alkalommal repült. Ezek közül 36 esetben a Sea Launch cég úszó platformjáról, a Csendes-óceán Egyenlítőhöz közeli vizeiről indították. A Sea Launch jelenleg a végét járja: az elmúlt években csődvédelembe menekült, megbízhatósága megkérdőjeleződött, nincs élő megrendelése műholdindításra. A cég épp az eszközei értékesítésével próbálkozik. A „szárazföldön” orosz-ukrán viszony elmergesedése miatt a mostani startot is hónapokkal el kellett halasztani: az ukrán szakemberek kiküldését nem hagyták jóvá a hatóságok.

Egy másik, repülésre kész Zenyit hordozórakéta készen leszállítva várakozik Bajkonurban. Hasznos terhe a 2017-re elkészülő orosz röntgen- és gamma-csillagászati űrobszervatórium, a Szpektr-RG műhold – lenne. Ugyanakkor a rakéta szavatossági ideje idén lejárt. Úgy hírlik, hogy az oroszok inkább egy Proton rakétával küldenék pályára a Szpektr-RG-t.

A Zenyit rakéta első fokozatát egy kerozinnal és folyékony oxigénnel működő RD-171 hajtómű adja, amelyet az orosz Enyergomas cég szállít. Ez az világ egyik legnagyobb tolóerejű folyékony hajtóanyagú rakétahajtóműve. Eredetije az orosz Buran űrrepülőgép indításához használt Enyergija rakéta segédhajtóművei céljára kifejlesztett RD-170. (Az Enyergomas később kisebb változatokat is készített és exportált; az Egyesült Államokban az RD-180 az Atlas-5, az RD-181 pedig az Antares hordozórakétákat erősíti. Ugyancsak hasonló alapon fejlesztett hajtóműveket kapnak az új generációs orosz Angara rakéták.)

Hat új Galileo hold 2015-ben. Kourouból december 17-én két újabb műhold indításával bővítették tovább az európai műholdas helymeghatározó rendszert. A Galileo műholdrendszer végleges – az első négy, még a rendszer kezdeti kipróbálására felbocsátott űreszközt is magában foglaló – konstellációjának 11. és 12. számú műholdja került ezzel pályára, egy Szojuz hordozórakétával. A két, egyenként 717 kg tömegű űreszköz közepes (kb. 23 és félezer km-es) magasságú, 55°-os hajlásszögű körpályára áll. Az orosz gyártmányú Szojuz rakétának ez volt a tizenharmadik (VS13 jelzésű) indítása a francia guyanai Kourou űrközpontból.

A Galileo az Európai Bizottság és az Európai Űrügynökség (ESA) közös műholdas navigációs programja. Polgári irányításával egyedülálló a hasonló célú műholdas rendszerek – a legismertebb amerikai GPS, valamint az orosz GLONASSZ és a kínai Beidou – mellett. Teljes kiépítettségében a Galileo 30 műholddal rendelkezik majd, a Föld körüli közepes magasságú pályákon úgy „elosztva”, hogy a bolygó lényegében minden pontjáról, minden időben elegendő műhold rádiójeleit lehessen venni a pontos hely- és időmeghatározáshoz. A majdani teljes Galileo konstelláció összesen 30 (24 aktívan működő és 6 pályán levő tartalék) műholdból áll majd, egyenletesen elosztva közepes (bő 23 ezer km-es) magasságú, 55°-os hajlásszögű Föld körüli pályákon. 2015-ben a decemberi volt a harmadik páros Galileo indítás Kourouból (az előzőek időpontja március 27. és szeptember 11. volt). A műholdrendszer bővítése remélhetőleg 2016-ban, előre láthatólag az év második felében folytatódik. Onnantól még gyorsabb tempóban, négyesével kerülnek pályára az új holdak, az Ariane-5 rakéta ES jelzésű változatával.

Megújított Progressz teherűrhajó. Az orosz Progressz MSZ-01 a kazahsztáni Bajkonurból indult a Nemzetközi Űrállomásra. A Progressz teherűrhajók legújabb, MSZ (angolosan írva: MS) jelzésű változata számos műszaki újítást tartalmaz. Többek közt létrehoztak rajta külső tárolóegységet, ahonnan lehetővé válik kis műholdak (CubeSatok) közvetlen pályára helyezése.

Az orosz Lucs geostacionárius távközlési műholdrendszeren keresztül folyamatos adatkapcsolat biztosítható az űreszköz és a földi irányítók között, akkor is, amikor a Progressz épp nem tartózkodik közvetlenül az oroszországi követőállomások látóterében. Műholdas helymeghatározó (GPS és GLONASSZ) mérésekkel a teherűrhajó folyamatosan, valós időben képes meghatározni helyzetét és pályaelemeit. Az űrállomáshoz való autonóm csatlakozást egy sor fejlesztés segíti, például nagyfelbontású televíziós képeken követhető a folyamat, közvetlen rádiós kapcsolat hozható létre az űrállomással, a radaros elven működő Kursz-A dokkolórendszert pedig felváltotta a

modernizált Kursz-NA. Ezeket az újításokat hamarosan az embereket szállító orosz Szojuz űrhajók új változatán is vizionálhatjuk.

A Progressz MSZ-01 az ISS ellátására szolgáló orosz teherűrhajók sorában a 62. A kazahsztáni Bajkonurból egy Szojuz-2.1a hordozórakétával állították pályára december 21-én. Két nappal később dokkolt az űrállomás Pirsz moduljához. A Progressz MSZ-01, amely kívülről lényegében ugyanúgy néz ki, mint a teherűrhajó előző változata, összesen 2,6 tonna terhet vitt magával az ISS-re. Ebben megtalálható az űrállomásra szánt üzemanyag (870 kg), oxigén (26 kg) és levegő (22 kg), víz (420 kg), valamint összesen 1272 kg „száraz rakomány”, vagyis élelmiszer, felszerelési tárgy, kísérleti berendezés és tartalék alkatrész.

Kritikus Falcon-9 start. A SpaceX rakétájának júniusi kudarca után most először próbálkoztak újabb indítással. Az Orbcomm 11 műholdja állt pályára, és sikerült az első fokozat visszanyerése is. A Falcon-9 rakéta a floridai Cape Canaveral 40-es starthelyéről indult, december 22-én (helyben még csak december 21-ét mutatott a nap-tár). Az indítással kapcsolatban más „elsőségeket” is meg kell említeni, nem csupán azt, hogy a Dragon teherűrhajó (CRS-7) júniusi elvesztése után most első alkalommal állt újra szolgálatba a SpaceX magáncég hordozórakétája. Egyrészt most mutatkozott be a Falcon-9 legújabb, megnövelt tolóerejű változata. Másrészt a rakéta kiürült első fokozatának visszahozatalát most először kísérelték meg szárazföldön – annak ellenére, hogy az eddigi, úszó tengeri platformot alkalmazó két próbálkozás egyike sem járt maradéktalan sikerrel.

A Falcon-9 rakéta mostani hasznos terhe az Orbcomm távközlési cég 11 új generációs (OG2) műholdja volt. Ezek alacsony (a felszín fölött 750 km-rel húzódó) Föld körüli pályákról adatátviteli szolgáltatást nyújtanak felhasználóiknak. A konstelláció előző hat tagja ugyancsak egy Falcon-9 rakétával indult, 2014. július 14-én. Azok közül időközben egy már tönkre is ment, így jelenleg csak öt üzemképes.

Miután a műholdak önállósultak, a rakéta második fokozatát adó Merlin hajtóművet újra begyűjtötték. A kísérletnek az volt a célja, hogy ezúttal még „tét nélkül” kipróbálják azt a fajta manővert, amire később, például geostacionárius átmeneti pályára állítandó műholdak esetén majd szükség lesz. A Falcon-9 mostani repülésének sikere kritikus volt a SpaceX számára, hiszen a baleset utáni fél éves kimaradás miatt feltorlódtak a megrendelések, ráadásul a rakéta új változatát is kipróbálták. Az első fokozatot alkotó kilenc Merlin-1D hajtómű tolóereje a korábbiakhoz képest mintegy 15%-kal nagyobb volt. Változtatásokat végeztek a második fokozat hajtóművén, a két fokozatot összekötő egységen és az elektronikán is. A kerozin hajtó-

anyagot és az elégetéséhez szükséges folyékony oxigént a megszo-
kottnál alacsonyabb hőmérsékletre hűtötték, így sűrűségük na-
gyobb lett, több fért el belőlük a tartályokban. A változtatások nyo-
mán a Falcon-9 rakéta hossza mintegy másfél méterrel, 70 m-esre
nőtt, s ami fontosabb, teljesítménye nagyjából 30%-ot javult. Ezzel
nagyobb tömegű távközlési holdakat is geostacionárius átmeneti pá-
lyára tud majd állítani, méghozzá úgy, hogy maradjon elegendő haj-
tóanyag az első fokozat irányított visszahozatalához.

A rakétán bevezetett újítások élesben való kipróbálása mellett
folytatták a próbálkozást az első fokozat testének újra felhasználha-
tósága érdekében. A SpaceX egészen az indítás előtti napokig hiva-
talosan nem tette közzé, hogy milyen helyre szeretnének leszállni a
visszatérő első fokozattal. A Cape Canaveral körüli, az indításokkor
megszokottat is meghaladó forgalmi korlátozások alapján azonban
sejteni lehetett, hogy ezúttal nem az Atlanti-óceánon úszó platform-
ra, hanem a szárazföldre szeretnének visszatérni. A kísérletezésnek
új csavart adott, hogy nemrég a Blue Origin cég New Shepard raké-
tája egy 100 km magasság fölé tett szuborbitális próbarepülést kö-
vetően sikeresen végrehajtotta a függőleges helyzetben való, kontrol-
lált leereszkedést. Igaz, hogy ők nem állítottak Föld körüli pályára
semmit a kísérletük során.

Az első fokozat leszállásának kijelölt helye a 40-es indítóhelytől
alig 10 km-re délre volt a Cape Canaveral-i katonai bázison. Az egy-
kori 13-as startállást utoljára 1978-ban használták. Új megjelölése
Landing Zone 1, azaz 1-es számú landolási zóna. A sikeresen végre-
hajtott műveletnek sokan űrtörténelmi jelentőséget tulajdonítanak,
mint ami megnyitja az utat a rakétafokozat újbóli felhasználhatósá-
ga felé. A jövő döntheti el, hogy valóban mennyire lesz űrtörténelem-
befolyásoló ez a látványos 2015-ös eredmény. A SpaceX elképzelése
ugyanis, hogy ezen a módon idővel lényegesen csökkenthetők lesz-
nek majd az indítási költségek. Az újrahasznosíthatóság üzleti mo-
delljének kulcskérdése, hogy milyen költségek árán és milyen átfu-
tási idővel sikerülhet újra repülésre alkalmas állapotba hozni egy
ilyen rakétafokozatot.

REMRED rakétakísérlet a kozmikus sugárzás és az űridőjárás hatásainak tanulmányozására az ESA REXUS programja keretében

Zábori Balázs

REMRED projektvezető, MTA Energiatudományi Kutatóközpont,
Budapest

A magyar diákok részvétele az Európai Űrügynökség REXUS/BEXUS rakéta- és ballonkísérleti programjában az elmúlt néhány évben töretlen volt, ami a CoCoRAD és TECHDOSE kozmikus sugárzási ballonkísérletekkel kezdődött. A mérési eredmények rávilágítottak számos új, eddig alig tanulmányozott tulajdonságára a kozmikus sugárzási térnek bolygónk légkörében, legfőképpen a sztratoszférában.



Az elmúlt évtizedben egyre nagyobb hangsúlyt kapott az űridőjárás és hatásmechanizmusainak kutatása, hiszen az egyre inkább technológiai függőségeket mutató civilizációnk érzékenysége az űridőjárási hatásokkal szemben fokozódik. Az űridőjárás egyik legfontosabb indikátora a kozmikus sugárzás, melynek hatásai éppen bolygónk légkörének alsóbb tartományaiban kevésbé ismertek, miközben akár a mindennapi életünket is jelentősen befolyásolhatják. Ezen hatások vizsgálata kutatórepülőkkal, ballonkísérletekkel és ballisztikus rakétákkal lehetséges. Ezt a feladatot tűzték ki célul az elmúlt évek ballonkísérletei és folytatásképpen a REMRED rakétakísérlet, melynek keretében a ballonkísérletekből nyert kozmikus sugárzási adatokat sikerült kiterjeszteni 30 km-ről mintegy 90 km-es magasságokig.

A REXUS program és a REMRED kísérlet

Az Európai Űrügynökség (ESA) számos fiatal egyetemistáknak szóló pályázata között évente meghirdetésre kerül a REXUS rakétakísérlet megvalósítására szóló felhívás. A REXUS program keretében egy továbbfejlesztett Orion típusú rakéta fedélzetén van lehetőség kísérletet elhelyezni (1. ábra), mely nagyjából 90–100 km magasságig emelkedik fel, aztán pedig ejtőernyős fékezéssel tér vissza a felszínre. A repülés teljes ideje mintegy 4–5 perc [1]. A rakéta pályája során akár a hangsebesség háromszorosát is elérheti az emelkedés és a légkörbe való visszatérés során, ami nagyon nehezíti a megfelelő statisztikájú és magasságfelbontású kozmikus sugárzási mérések megvalósítását, hiszen a mérőműszerek többsége nem alkalmas ilyen gyors mérésekre. A legalkalmasabb mérőeszköz mégis

éppen a legtöbbet használt és legismertebb sugárzásmérő, a Geiger-Müller-számláló (GM-számláló). A REMRED rakétakísérlet keretében a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) hallgatóiból álló diákcsoport a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) Energiatudományi Kutatóközpont technológiai és tudományos támogatásában GM-számlálókészletből megvalósított kozmikus sugárzási kísérletet hajtott végre 2015. március 17-én, az ESRANGE űrbázisról indított REXUS-17 ballisztikus rakéta fedélzetén. A véletlennek köszönhetően a repülésre éppen az elmúlt tíz év legerősebb geomágneses vihára közepette került sor [2], amely így különleges lehetőséget biztosított az űridőjárás hatásmechanizmusainak valós idejű vizsgálatára a rakéta repülése alatt.

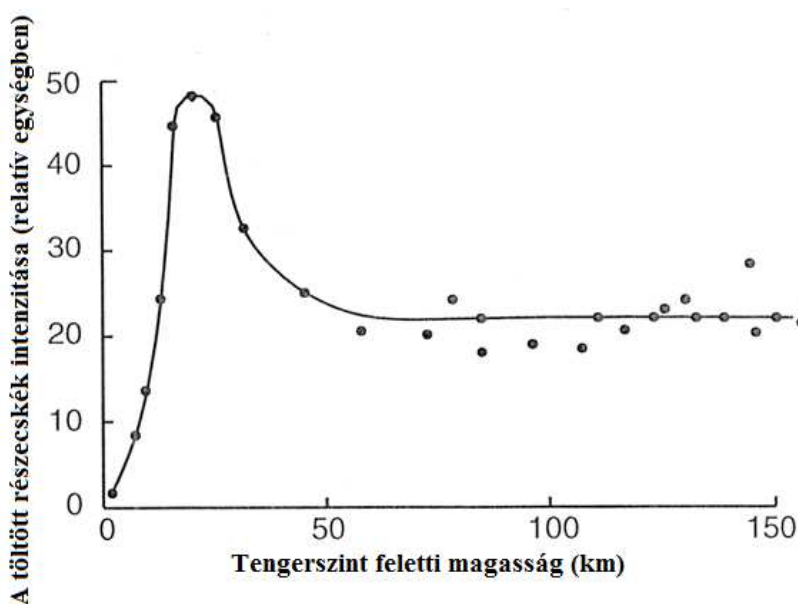


1. ábra: A REXUS rakéta a felbocsátás előtt. (A képen a REXUS-17)

Sugárzásmérés geofizikai rakéták fedélzetén

Napjainkban a kozmikus sugárzási környezet tanulmányozása egyre nagyobb hangsúlyt kap a növekvő légi forgalom és az emberes űrutazások gyakorisága következtében. A sugárzás szempontjából legkevésbé ismert térségek egyike a sztratoszféra, ahol változatos kozmikus környezet alakul ki a Föld mágneses mezeje, valamint a légkör és az elsődleges kozmikus részecskék kölcsönhatása eredményeképpen [3]. Victor Hess a légköri sugárzás kutatására irányuló kísérletei segítségével fedezte fel a kozmikus sugárzást ballonok fedélzetén végrehajtott repüléseivel, melyekből egyértelműen megállapította a sugárzási szint jelentős növekedését a magassággal [4]. Az eredményeiből levonhatta a következtetést, hogy a sugárzás nem lehet földfelszíni eredetű (ahogyan korábban feltételezték), hanem kozmikus eredete kell legyen. A technológia fejlődésének köszönhetően hamarosan lehetőség nyílt a ballonoknál nagyobb magasságokba is eljutni az első ballisztikus rakéták segítségével. A legelső ilyen kísérleteket Van Allen hajtotta végre az Egyesült Államok által a má-

sodik világháború végén a Németországból kimenekített, fel nem használt V-2 rakéták fedélzetén. Van Allen szintén az akkoriban már rendelkezésre álló, legegyszerűbb sugárzásmérési technikát alkalmazta, a GM-számlálókat. Az akkori technológia jelentősen gyengébb statisztikájú méréseket tett lehetővé, mint napjainkban, azonban sikerült első alkalommal kimérnie a sugárzás intenzitásának magasságfüggését mintegy 150 km-ig (2. ábra) [5]. Van Allen kísérleteit néhány, hasonló technikával megvalósított orosz rakétakísérlet is követte [6], majd az űrkutatás fejlődésével az érdeklődés sokkal inkább a világűrben, Föld körüli pályákon megvalósított kísérletek felé fordult, aminek következtében a sztratoszférában megvalósított kozmikus sugárzási kutatások megtorpantak. Mindezen kutatások jelentősége az elmúlt évtizedben értékelődött fel ismét az űridőjárás hatásainak tanulmányozásával. Ehhez kiemelten fontos adat-sorokat és eredményeket szolgáltatottak a BEXUS és REXUS hazai, kozmikus sugárzási kísérletek.



2. ábra: A Van Allen által 1948-ban elsőként kimért töltött részecske-intenzitás-magasság profil. A grafikonon ~20-25 km körül a másodlagos részecskekeletkezés által okozott ún. Pfotzer-maximum jól azonosítható [5].

A GM-számlálók működési elve és technológiai alkalmazása geofizikai rakétákon

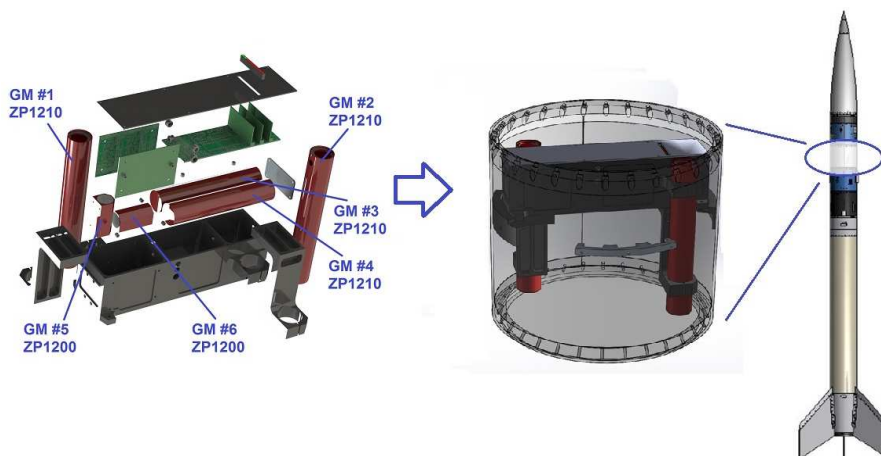
A rakétakisérletek eredményeinek értelmezéséhez külön érdemes röviden összefoglalni a GM-számlálók mérés technikáját és működési alapelvét. A GM-számláló tulajdonképpen egy fémcső, mely mindkét végén zárt, középvonalában pedig egy fémszál van kihúzva. A középső fémszál, avagy anódszál és a külső fémburkolat között (elektródák között) nagyfeszültségű elektromos tér van jelen (jellemzően 500–1000 V), miközben a cső belsejét különböző gázok keverékével töltik fel. A beérkező töltött részecskék a töltőgázban ionizációt eredményeznek. Ez a töltött részecskékből álló ionizációs lavina gyorsan eljut az elektródákra és elektromos impulzusként detektálható. A gamma-fotonok detektálása során első lépésben a GM-cső külső burkolatában keletkeznek másodlagos elektronok, amelyek aztán eléri a töltőgázt tartalmazó érzékeny térfogatot és ugyanolyan ionizációs lavinát eredményeznek. Mindezekből pedig következik, hogy a GM-cső a beérkező töltött részecskék és nagy-energiájú fotonok megszámlálására alkalmas, azaz a sugárzás mindezen komponenseinek intenzitását méri. Azonban ez a mérés-technikai eljárás nem képes az egyes részecskéket energia szerint szelektálni, tehát minőségileg nem jellemzi a sugárzási teret, csupán mennyiségileg.

Technológiai szempontból a GM-cső nagy előnye egyszerűsége, gyors detektálási képessége, megfelelő méretű érzékeny térfogat esetén nagy detektálási határfoka, illetve a viszonylag nagy kimeneti jel, amely így közvetlenül megszámlálható külön elektronikai jelerősítő áramkörök nélkül is. Mindezek teszik kiemelkedően alkalmassá a rakétakisérletekben való felhasználásra. Két, technológiai hátrány merül fel csupán a GM-csővek alkalmazásával kapcsolatban rakéták esetében. Egyrészt a belső mechanikai felépítés erőssége előzetes vizsgálatot igényel, hiszen a fellépő jelentős gyorsulások hatására a GM-cső belsejében kihúzott anódszál elszakadhat, valamint a rakétahajtómű által generált nagyfrekvenciás rezgések az anódszál hasonló modulusú rezgéseit indukálhatják, ami torzíthatja a fennálló elektromos teret és befolyással lehet a detektálás határfokára. Másrészt a szükséges nagyfeszültség előállítása alacsony nyomású környezetben (rakétakisérlet esetében nagyon gyorsan változó nyomású környezetben) kiemelkedő figyelmet és óvatos technológiai tervezést igényel az elektromos kisülések elkerülése érdekében az egyes, nagy potenciálkülönbségű elektronikai pontok között (alacsony nyomás esetében az elektromos kisülések valószínűsége jelentősen nagyobb [7]).

A REMRED rakétakísérlet

A BEXUS TECHDOSE repülése során kísérleti jelleggel Centronic ZP1210-es GM-csőket is alkalmaztunk a kozmikus sugárzás intenzitásának mérésére. A kísérletben két GM-csővet helyeztünk el, egymásra merőleges elrendezésben, ami így lehetőséget biztosított az eredmények irányszelektív kiértékelésére. Kiszámítható, hogy a beérkező töltött részecskék esetében a vízszintes síkban elhelyezett GM-cső érzékenyebb a függőleges irányokból érkező sugárzásra, míg a függőlegesen elhelyezett GM-cső érzékenyebb a vízszintes irányokból érkező részecskékre.

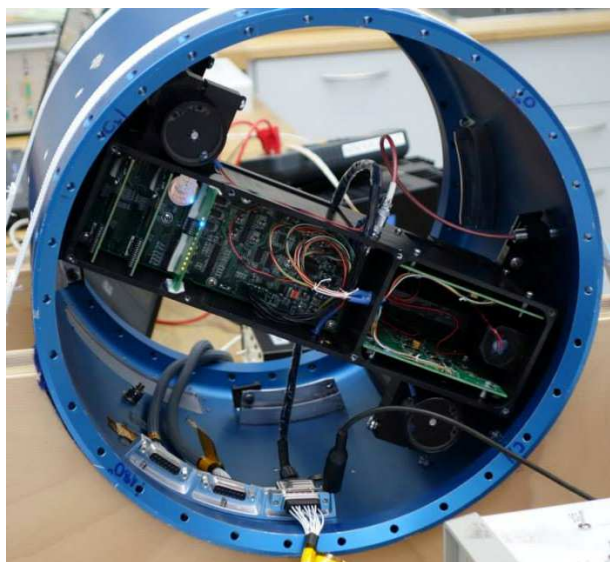
Hasonló irányfüggés a fotonok esetében nincsen, köszönhetően az eltérő detektálási mechanizmusnak, azonban ez nem is feltétlenül hátrány, hiszen a sztratoszférában detektálható fotonok nagyrészt már másodlagosan, a sztratoszférában keletkezett fénykvantumok, így ezek nem a primer kozmikus sugárzásból származnak. A TECHDOSE mérési eredményei alapján egyértelműen kimutatható volt a sugárzási tér irányfüggő viselkedése, azonban a profil csupán a ballon maximális magasságáig volt követhető, mintegy 28 km-ig [8]. Hasonló kísérletek korábban részlegesen már zajlottak, azonban nincsenek elérhető, publikált eredmények, amelyek a sugárzási tér sztratoszférában tapasztalható anizotrópiáját leírnák, így az érdeklődésünk még inkább az anizotrópia vizsgálata és mennél teljesebb leírása felé fordult.



3. ábra: A REMRED rakétakísérlet felépítése és elhelyezkedése a REXUS-17 ballisztikus rakétán.

A REMRED rakétakísérletben ugyanolyan típusú GM-csőveket helyeztünk el, mint a TECHDOSE esetében, egymásra merőleges elrendezésben, hogy az irányfüggés tanulmányozható legyen 28 km felett is. Részletes számításokat végeztünk előzetesen a mérési statisztikára vonatkozólag, hiszen a rakéta sebessége jelentősen felülmúlja egy ballon sebességét, így a TECHDOSE esetében alkalmazott méréstechnikai eljárás és kiemelkedően jó statisztika a rakéta esetében módosításra szorult. A megfelelő statisztika biztosítása érdekében az egyes irányokban elhelyezett GM-csőveket megdupláztuk, ezáltal megkétszereztük az érzékeny mérőtérfogatot (3. ábra) [9].

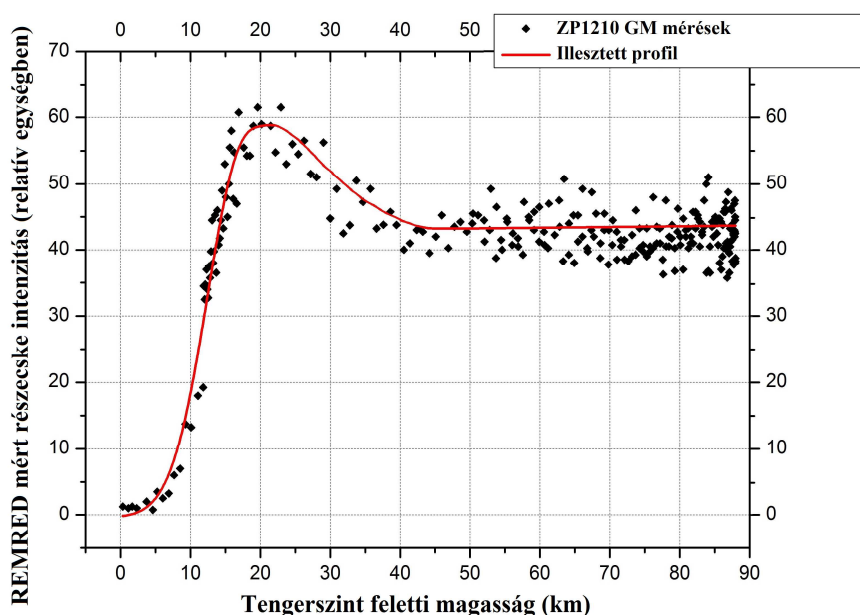
A GM-csővek alkalmazása előtt alaposan tanulmányoztuk a belső felépítésüket, szimulációkkal és rázástesztekkel bizonyítottuk, hogy bírni fogják a mechanikai megterheléseket, valamint nem fog jelentkezni kimutatható detektálási hatásfokváltozás a rakéta repülése során. Az elektronikai rendszert és a GM-csőveket termovákuum kamrában is alaposan teszteltük. A termikus szimulációk és tesztek jelentősége hatalmas, hiszen a rakéta külső burkolatának hőmérséklete a légkörrel való, nagysebességű súrlódás következtében akár a 200°C-ot is elérheti. Ez a hő pedig, ha hirtelen bejut a kísérlet elektronikai egységeihez, akkor komoly károsodást is okozhat. Ezt mindenképpen el kellett kerülni megfelelő termikus tervezéssel és tesztekkel [10].



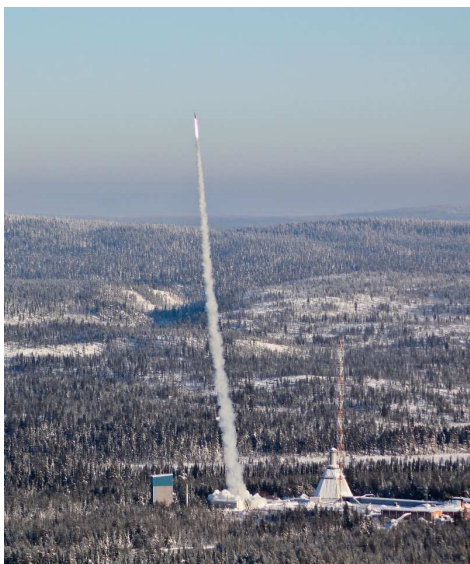
4. ábra: A REMRED rakétakísérlet közvetlenül a felbocsátás előtti napokban az ESRANGE űrbázison.

A REMRED kísérlet felbocsátása és eredményei

A REMRED kísérlet felbocsátására 2015. március 17-én került sor a REXUS-17 ballisztikus rakéta fedélzetén az ESRANGE űrbázisról, Észak-Svédországból. Az előkészítő tesztek és a rakéta teljes összeszerelése mintegy négy napot vett igénybe, majd az első indítási ablaknak kijelölt napon reggel az időjárási viszonyok lehetővé tették az indítást. A rakéta repülése során a kísérlettel az irányítóközpontban folyamatosan tartottuk a kommunikációs kapcsolatot. Minden mérési adat beérkezett, a kísérlet hibátlanul működött, majd az előre programozott módon a landolás előtt lekapcsolta önmagát. Helikopterrel hozták vissza a kísérleti modult a bázisra, ahol megvizsgáltuk és újra bekapcsoltuk. A landolás és a repülés minden viszontagsága ellenére a kísérlet üzemkész állapotban volt, egyetlen sérülés nélkül a repülés után is, készen akár egy azonnali, következő felbocsátásra. Mindennek köszönhetően a REMRED sikerességi mutatója maximális lett, ami még nem fordult elő a REXUS program történetében (általánosságban a rakétakísérletek esetében is nagy ritkaság). Ennek kapcsán az Európai Űrügynökség szakértői külön elismerésüket fejezték ki.



5. ábra: A REMRED rakétakísérlet által mért részecskeintenzitás–magasság profil. A Pfofzer-maximum ismét jól azonosítható ~20-22 km-en.



6. ábra: A REXUS-17 felbocsátása, fedélzetén a REMRED kísérlettel.

Tudományos szempontból a mért adatsorok még fontosabbnak bizonyultak. Egyértelműen azonosítottuk a sugárzási tér anizotrópiáját, ami mintegy 50 km-es magasságig tapasztalható, azután eltűnik. A sugárzási tér 50 km felett izotróp. Az anizotrópiát 50 km alatt részleteiben is leírtuk, felhasználva a BEXUS és REXUS eredményeket, amelyek jelenleg publikálás alatt vannak. Továbbá meghatároztuk a sugárzási tér intenzitásának magasságfüggését, amit Van Allen is kimért mintegy fél évszázaddal ezelőtt, azonban különleges szerencsénk volt, hiszen az elmúlt tíz év legerőteljesebb geomágneses vihara közepette végezhattük a méréseinket.

Ez pedig lehetőséget nyújt majd a jövőben, hogy a kísérletet megismételjük nyugodt geomágneses körülmények esetében és a mért sugárzási intenzitásprofilokat összehasonlítsuk, keresvén az űridőjárási események hatását a sztratoszférában.

Kitekintés, a kutatások folytatása

Az emberi civilizáció technológiai fejlődése az elmúlt évszázadban soha nem látott méreteket öltött, aminek eredményeképpen mindennapi életünk jelentős mértékben a fejlett technológia függvényévé vált. Azonban a technológiai civilizáció fejlődésével egyre növekszik a fejlett energetikai és telekommunikációs hálózatok érzékenysége a világűrből érkező, összetett hatásokkal szemben, amelyeket együttes néven űridőjárásként emlegetünk. Mindennek köszönhetően az elmúlt egy évtizedben az űridőjárás hatásainak tanulmányozása kiemelkedő jelentőségű kutatási területté nőtte ki magát. Egyre kritikusabb és megoldandó feladat az űridőjárás folyamatos monitorozása, valamint az eredmények alapján előrejelzési modellek kidolgozása (hasonlóan a hagyományos időjárás-előrejelzéshez). Ennek segítségével a telekommunikációs és energetikai hálózatok biztonságosan üzemeltethetőek lennének a kozmikus környezetünkből érkező hatások ellenére is. Érdeemes külön megemlíteni, hogy a hétköznapi értelemben vett időjárást, valamint ezen keresztül a klímaváltozást is összefüggésbe lehet hozni az űridőjárással, hiszen a Föld-

höz közeli térség kozmikus befolyásoló hatása alapvetően határozhat meg minden folyamatot a bolygónkon.

Az ilyen irányú, részletes űridőjárési hatásmechanizmusokra vonatkozó kutatások azonban még csupán gyerekcipőben járnak, melyekhez jelentősen több tudományos adatra van szükség. Akár olyan mérésekre is, ahol űridőjárési és időjárési tényezőket egyszerre, közösen mérünk és ezen adatsorokra támaszkodva vizsgáljuk a kozmikus környezet és bolygónk összefüggéseit. Az űridőjárési kutatásokhoz járultak hozzá jelentősen az elmúlt években a hazai BEXUS és REXUS kozmikus sugárzási kísérletek eredményei. Kutatócsoportunk a távlati jövőben ehhez hasonló, űridőjárást vizsgáló kísérletek megvalósításán fog dolgozni, amit jelentős mértékben a BEXUS és REXUS eredmények indukáltak.

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetét fejezi ki mindazoknak a munkájáért, akik nélkül a REMRED kísérlet nem valósulhatott volna meg. Elsősorban azoknak a hallgatónak, akik a csapat tagjaként munkájukkal hozzájárultak a sikerhez. Külön köszönet illeti Dr. Hirn Attilát, akinek áldozatos segítsége és támogatása folyamatos támasza volt a magyar diákoknak a program során. Köszönet az MTA Energiatudományi Kutatóközpont mindazon munkatársainak, akik időt és fáradságot nem kímélve segítettek munkánkat (Apáthy István, Cseri Sándor, Csőke Antal, Dr. Deme Sándor, Dr. Pázmándi Tamás, Endrőczy Gábor). A csapat köszönetét fejezi ki a BL-Electronics cégnek és a BOSCH ECOTECH Zrt-nek az elektronikai fejlesztésekben és mechanikai tesztekben nyújtott segítségével. Köszönet az Űrvilág szerkesztőségének a folyamatos tudósításokról a REMRED kísérlet kapcsán.

Kiemelt köszönet a Magyar Űrkutatási Irodának a projekt elindításakor és a későbbiekben folyamatosan nyújtott támogatásért.

Továbbá a szerző külön köszönetét fejezi ki az Európai Űrügynökség szakértőinek és az Oktatási Iroda mindazon munkatársainak, akik a munkájukkal, tanácsaikkal folyamatosan segítettek a REMRED kísérlet megvalósulását.

A REXUS REMRED kísérlet finanszírozása a 4000111902/14/NL/NDe számú PECS szerződés keretében valósul meg.

Irodalomjegyzék:

[1] EuroLaunch: REXUS User Manual (2014)

[2] National Oceanic and Atmospheric Administration Space Weather Prediction Center webpage, <http://www.swpc.noaa.gov/>

- [3] Schaefer H.J. (1979): Radiation and man in space, *Advances in Space Science*, 1, 267
- [4] Grieder P.K.F. (2001): Cosmic rays at Earth Researcher's reference manual and data book
- [5] Van Allen J.A., Tatel H.E. (1948): The Cosmic-Ray Counting Rate of a Single Geiger Counter from Ground Level to 161 Kilometers Altitude, *Physical Review*, 73, 245
- [6] Shafer Yu.G. (1963): Effect of drop in solar activity on intensity of cosmic rays according to sounding rocket measurements in 1958 and 1960, *Planetary and Space Science*, 11, 427
- [7] Paschen F. (1889): Ueber die zum Funkenübergang in Luft, Wasserstoff und Kohlensäure bei verschiedenen Drucken erforderliche Potentialdifferenz, *Annalen der Physik*, 273, 69
- [8] Zábóri B. et al. (2015): Space dosimetry measurements in the stratosphere using different active and passive dosimetry systems, *Radiation Protection Dosimetry*, doi:10.1093/rpd/ncv442
- [9] Zábóri B. et al. (2015): REM-RED cosmic radiation experiment on-board the REXUS-17 sounding rocket, *Proceedings of the 22nd ESA Symposium on European Rocket and Balloon Programmes and Related Research*, ESA SP-730, ISSN 1609-042X, 539
- [10] Zábóri B. et al. (2015): REM-RED sounding rocket experiment to measure the cosmic radiation, 66th International Astronautical Congress, Jerusalem, Israel, ISSN 1995-6258, IAC-15-D5.3.7

Úrdozimetriai kutatások magyar részvételével

Strádi Andrea, Szabó Julianna, Pálfalvi József

MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Sugárvédelmi Laboratórium, Úrdozimetriai Kutatócsoport, Budapest

Az Energiatudományi Kutatóközpont (EK) kutatói különböző árnyékolási viszonyok között elhelyezett passzív doziméterekkel (szilárdtest nyomdetektorokkal és termolumineszcens detektorokkal) mérték fel a Nemzetközi Űrállomás Columbus moduljában, valamint a Foton-M4 visszatérő műholdon kialakuló sugárzási viszonyokat. A kétféle detektor alkalmazásával az elnyelt sugárzás mennyisége mellett annak minőségére is következtetni lehet, ezáltal az árnyékolás hatékonysága és a kozmikus sugárzási tér inhomogenitása is figyelemmel követhető.

Bevezetés

Az MTA EK Úrdozimetriai Kutatócsoportja hosszú évek óta jelen van azon kutatásokban, amelyekben többek között energiaellátást nem igénylő, passzív dózismérők alkalmazásával vizsgálják az űrbeli sugárzási teret. Ilyen eszköz például a jól ismert Pille is. A passzív detektorok kis méretűeknek és tömegűeknek, valamint egyszerű, de robusztus kialakításuknak köszönhetően olcsó és megbízható mérést tesznek lehetővé, végeredményként az expozíció teljes idejére integrált abszorbeált dózist adva meg. A 2015-ös évben több nemzetközi programban vett részt a csoport, így például a Nemzetközi Űrállomás Columbus moduljában 2012 óta folyamatosan dozimetriai adatokat gyűjtő Dosis-3D projektben és a Roszkoszmosz, valamint az ESA közös, a súlytalanság hatásait vizsgáló Foton-M4 bioszatellit kísérletének kiértékelésében.

Az ESA 2009-ben DOSIS néven elindított, 2012-től kiterjesztett és átnevezett Dosis-3D kísérletsorozatának célja a Columbus modul belsejében létrejövő sugárzási tér háromdimenziós feltérképezése, aktív és passzív dozimetriai módszerekkel. A 11 pontban elhelyezett passzív detektor csomagokat az egymást félélévente váltó asztronauták cserélik, majd a teljes sorozat koordinációjáért felelős Német Légi- és Űrrepülési Központnak (DLR, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) juttatják el. Az elmúlt évben a hetedik fázisát megkezdő programban 10 ország kutatóintézetei, köztük magyar részről az MTA EK vesz részt.

Hasonló dózismérők kerültek bevetésre a Foton-M4 visszatérő műholdon is, amelynek megpróbáltatásokkal teli 44 napos űrrepülését 2014-ben jelentős médiavisszhang övezte. A kutatócsoport

több ponton, a műhold belsejében és külső felszínén is végzett méréseket. A szeptember elsején történt leszállást követően a detektorok az év végén kerültek vissza a budapesti laboratóriumba, ahol megkezdődhetett azok feldolgozása és az adatok kiértékelése.

Módszer

Az elnyelt dózis mérésére alkalmas, olcsó és hatékony eszközök a szilárdtest nyomdetektorok és a termolumineszcens detektorok (TLD). A TLD-k olyan kristályos anyagokból készülnek, esetünkben lítium-fluoridból, melyekben a sugárzás hatására reverzibilis változások történnek a kristályszerkezetben. A detektorok laboratóriumban történő kiolvasása során magas hőmérsékleten a kristályrács visszarendeződik és eközben az elnyelt dózissal arányos mennyiségű fényt bocsát ki, amely jól mérhető. A kiolvasást követően minden detektort egyénileg kalibrálni kell, amihez egy Cs-137 forrás alkalmazásával ismert dózissal sugározzák be azokat, majd ismételten lemérik. A TLD-k nagy előnye, hogy hőkezelést követően újra felhasználhatók.



1. ábra: A nyomdetektor felszíne 15 óra maratást követően, négyszeres nagyításban.

Az általunk használt nyomdetektorok 1 mm vékony, átlátszó műanyag lapkák. Segítségükkel egy egyszerű elv alapján láthatóvá válnak a kozmikus részecskék. A detektorfelületen apró lyukakat hoznak létre a becsapódó részecskék, amiket kémiai módszerrel (nátrium-hidroxidban való maratás során) fénymikroszkóp számára is látható méretűre lehet kimarni (1. ábra). Az így kialakult roncsolt zónák a nyomok, amelyek geometriai paramétereinek (például átmé-

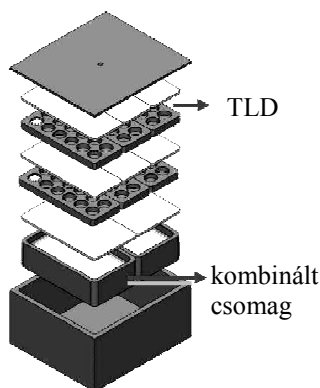
rő, hossz, mélység) mérésével és az adatok megfelelő processzálásával következtethetünk a részecskék fajtájára és energiájára, ezáltal a detektort ért dózisa. Mivel a kozmikus sugárzás komponensei igen sokfélék, ezért többlépcsős maratás során lehet igazán jól elkülöníteni a nagyobb és kisebb energia leadására képes részecskéket. Hat órás maratást követően az előbbieket, míg további 9 óra maratás, tehát összesen 15 óra után az utóbbiak válnak mérhetővé.

Az abszorbeált dózis számításakor a különböző komponensek egységnyi úthosszon leadott energiáját (LET, Linear Energy Transfer) vesszük figyelembe. A TLD-k főleg a $10 \text{ keV}/\mu\text{m}$ -nél kisebb, míg a nyomdetektorok az ennél nagyobb LET-ű sugárzásra érzékenyek. Az elnyelt sugárzás mennyiségére és minőségére vonatkozó számítások az NCRP (National Council on Radiation Protection & Measurements) 137-es jelentése [1] és Pálfavi (2009) ajánlásai [2] alapján történnek.

Eredmények

Dosis-3D

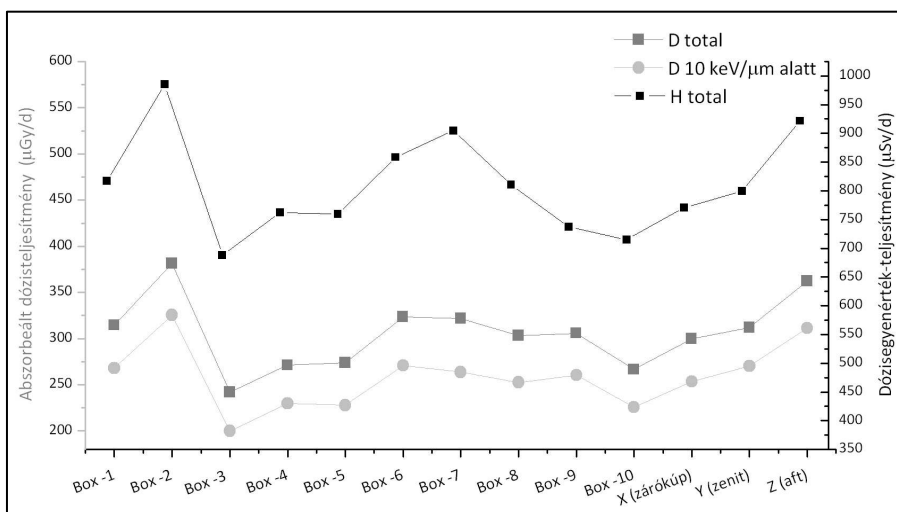
A Columbus modul belsejében 11 pontban elhelyezett dózismérő csomagok TLD, valamint kombinált TLD és nyomdetektorok által alkotott egységeket tartalmaztak (2. ábra). A tizenegyedik lokációban egy ilyen nagyobb dobozt az oldalain kisebb csomagokkal (X, Y, Z irányban) körülvéve helyeztek el, annak érdekében, hogy a sugárzási tér esetleges irányultságát lehessen megfigyelni.



2. ábra: Doziméter csomag.

A program kezdete a 24. napciklus elejére esett, így az egymást követő fázisokban lehetőség nyílt a naptevékenység hatásának vizsgálatára. Annak ellenére, hogy az utóbbi száz év legeseménytelenebb ciklusa zajlik, a mért abszorbeált dózisok kis mértékben, de

tükrözték a naptevékenység erősödését, majd nagyjából a 2015. év elejétől annak gyengülését. Az eltelt idő alatt az űrállomás magassága is változott. Az első fázis vége előtt érkező Progressz teherűrhajó a közel 400 km-es Föld feletti magasságban keringő állomást több mint 15 km-rel magasabb pályára emelte. Egészen 2014 végéig nagyjából tartották ezt a pályamagasságot, de mivel a 2015. április 28-ára várt Progressz-59P a felbocsátás közben történt meghibásodás miatt nem tudott dokkolni, a magasság a projekt hatodik fázisában csökkenni kezdett.



3. ábra: Dózisteljesítmények a Columbus modulban a Dosis-3D/5 fázisban. A teljes dózisteljesítmény (D_{total} , szürkével) és a $10 \text{ keV}/\mu\text{m}$ -nél kisebb LET-ű sugárzásból származó dózisteljesítmény értékei az elsődleges tengelyen, a teljes dózisegyenérték-teljesítmény (H_{total} , feketével) értékei pedig a másodlagos tengelyen olvashatók le.

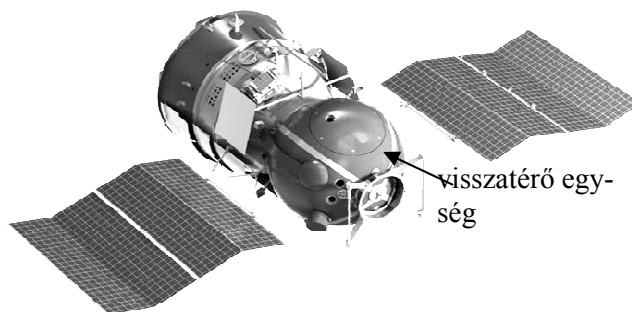
A sugárzási tér irányultságára vonatkozóan a mérések során kiderült, hogy a modul menetirány szerinti hátsó (aft) oldalán a dózisteljesítmény rendre nagyobb, mint a szemközti (forward) falra erősített detektorok esetében. Ennek a jelenségnek az lehet a magyarázata, hogy amikor az űrállomás áthalad a dél-atlanti anomálián, akkor a Föld mágneses tere által befogott protonok hátsó irányból érik a modult, aminek anyagában másodlagos részecskéket keltenek és ezáltal jelentős dózisterhelést indukálnak. A több ponton elhelyezett detektorok árnyékolása is mutatott különbségeket, minden fázisban azonos helyeken, többnyire a Columbus többi modultól távolabb eső végében (zárókúp) volt nagyobb dózis észlelhető. Az egyenként 6 darab TLD-ből és 2 nyomdetektorból álló kombinált csomagok lehető-

vé tették, hogy a kozmikus sugárzást széles LET-tartományban detektálhassuk. A kis és nagy LET-ű komponensek szétválasztását követően az eredmények konvolúciójával a teljes abszorbeált dózisteljesítmény és a dózisegyenérték-teljesítmény értékét lehet meghatározni [3, 4]. Előbbi az ionizáló sugárzás mennyiségét az egységnyi tömegben leadott energia, utóbbi ennek biológiai hatása alapján értékeli. Az 5. fázisban (2014. március–szeptember) mért értékek a 3. ábrán láthatók. Mint az megfigyelhető, a 2-es, 6-os, 7-es és a Z irányba néző csomagokban volt a legnagyobb a dózisteljesítmény, ezek mindegyike a Columbus menetirány szerinti hátsó oldalán volt elhelyezve. Észrevehető, hogy a $10 \text{ keV}/\mu\text{m}$ -nél kisebb LET-ű (a 3. ábrán szürke körök) részecskék dominálják a sugárzási teret.

A teljes dózisteljesítmény (D_{total} , szürkével) és a $10 \text{ keV}/\mu\text{m}$ -nél kisebb LET-ű sugárzásból származó dózisteljesítmény értékei az elsődleges tengelyen, a teljes dózisegyenérték-teljesítmény (H_{total} , feketevel) értékei pedig a másodlagos tengelyen olvashatók le.

Foton-M4

Az orosz CSZKB Progressz szamarai műhelyében készült Foton visszatérő műhold egyenesági leszármazottja a Vosztok űrjárműnek, amellyel Jurij Gagarin utazott, első emberként a világűrben. A megújult szériát 2002-ben mutatták be Foton-M néven, de az első küldetés a start során történt robbanás miatt megghiúsult. 2005-ben a Foton-M2, 2007-ben a Foton-M3, és legutóbb, 2014-ben a negyedik misszió sikeresen hagyta el a bolygót és tért vissza a fedélzetén szállított mikrogravitációs kísérleti rakománnyal. A Foton-M4 napelemekkel és akkumulátorokkal is fel volt szerelve, biztosítva az energiaellátást a tervezett 60 napos utazáshoz (4. ábra).

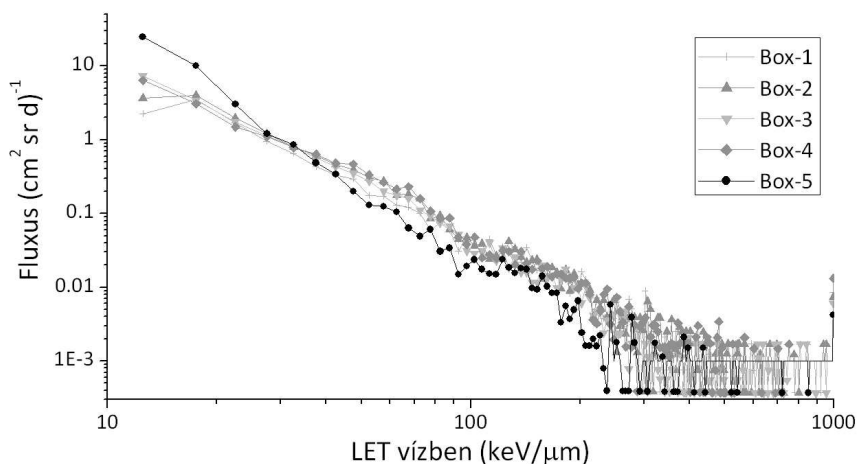


4. ábra: A Foton-M4 műhold.

Mivel azonban a pályakorrekciót végző hajtómű meghibásodott, elnyújtott ellipszispályán ($258 \text{ km} \times 571 \text{ km}$) hagyva a műholdat, a programot 44 nap után fel kellett függeszteni. Annak vizsgálatára,

hogy milyen minőségű és mennyiségű sugárzás éri a visszatérő egységet, a modulon belülré és azon kívülré is detektorok kerültek rögzítésre. A belső térben 4 ponton, különböző árnyékolási viszonyok között dozimetriai csomagok (TLD-k és/vagy nyomdetektorok) voltak elhelyezve alumínium dobozokban, több résztvevő részéről.

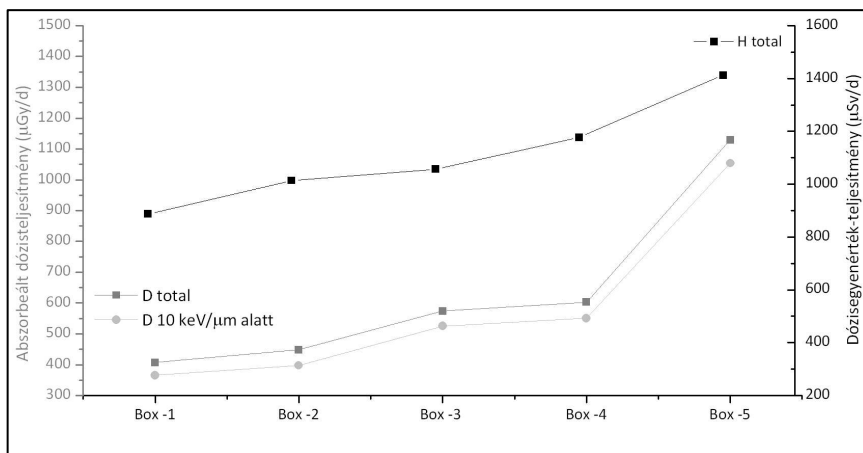
Egy hasonló doboz volt kihelyezve a külső platformon lévő nyitható fedelű konténerek egyikében, így lehetőség nyílt közvetlenül az űrből érkező sugártás detektálására. Az MTA EK kombinált passzív dózismérő egységeivel mért értékek jól mutatják, hogy a belső térben létrejövő sugárzási tér összetételében különbözik a külsőtől. Az 5. ábrán a nyomdetektorral végzett mérésekből származó LET spektrumok láthatók.



5. ábra: A Foton-M4 műholdon mért LET spektrumok. Szürkével a belső detektorokból, feketével a külső detektorból származó eredmények vannak feltüntetve.

Feltűnő, hogy a modul külsején (az ábrán fekete pontokkal jelölve) a kisebb LET-ű részecskék vannak többségben. A kozmikus sugárzás ezen komponensei kis áthatoló képességük miatt a jármű falaiban rövid út megtétele után elnyelődnek. Az is szembetűnő, hogy a modul belsejében az azon átjutó, nagyobb energiájú primer sugárzás nagy LET-ű másodlagos részecskéket kelt, így azok fluxusa jelentősebb a szatelliten belül (az ábrán szürke színnel), mint azon kívül. A TLD méréseket felhasználva számított teljes abszorbeált és dózisegyenérték-teljesítmény értékei a 6. ábrán láthatók.

A Foton-M4 repülése során és azzal egyidőben, a hasonló átlagos magasságban keringő Nemzetközi Űrállomás belsejében (Dosis-3D, 5. fázis) mért dózisek a nagy LET-ű tartományban igen hasonlóknak mutatkoznak (1. táblázat, 1. és 2. sor). Az összes mérési pontra át-



6. ábra: Dózisteljesítmények a Foton-M4 visszatérő műholdon. A teljes dózisteljesítmény (D total, szürkével) és a $10 \text{ keV}/\mu\text{m}$ -nél kisebb LET-ű sugárzásból származó dózisteljesítmény értékei az elsődleges tengelyen, a teljes dózisegyenérték-teljesítmény (H total, feketével) értékei pedig a másodlagos tengelyen olvashatók le.

lagolt, teljes sugárzási spektrumra összegzett dózisteljesítmény azonban a műhold esetében jóval nagyobb, feltehetően a kevésbé hatékony árnyékolás miatt átjutó nagyobb számú kis LET-ű részecske miatt (1. táblázat 3. és 4. sor).

		Foton-M4	Nemzetközi Űrállomás
D ($\mu\text{Gy}/\text{nap}$)	10 keV/ μm LET felett	48 ± 5	48 ± 6
H ($\mu\text{Sv}/\text{nap}$)		574 ± 55	552 ± 58
D ($\mu\text{Gy}/\text{nap}$)	teljes LET tartományra	507 ± 95	305 ± 38
H ($\mu\text{Sv}/\text{nap}$)		1033 ± 119	810 ± 86

1. táblázat: Abszorbeált dózisteljesítmény és dózisegyenérték-teljesítmény értékek a Foton-M4 műholdon és a Nemzetközi Űrállomáson (Dosis-3D projekt, 5. fázis).

A következő Foton-M küldetés várható dátuma még nem ismert, a nagyon hasonló felépítésű Bion-M műhold azonban előreláthatólag az elkövetkező egy-két évben újra bevetésre kerül. A korábbi sikerek nyomán az MTA EK detektorainak feltétlenül helye lesz a „bioszputnyikon”. A csoport munkája a Nemzetközi Űrállomás Columbus moduljában is folytatódik, mivel a Dosis 3D program az Európai Űrügynökség jóvoltából a jelenlegi, 24. napciklus végéig (2018) meghosszabbításra került. Magyarország tehát a jövőben is képvi-

selteti magát az űrkutatás ezen ágában, ami a 2015-ös ESA csatlakozás nyomán várhatóan további izgalmas lehetőségekkel egészül majd ki.

Irodalomjegyzék:

- [1] NCRP Report No. 137, Fluence-Based and Microdosimetric Event-Based Methods for Radiation Protection in Space, 2001
- [2] Pálfalvi J.K. (2009): Fluence and dose of mixed space radiation by SSNTDs achievements and constraints, Radiation Measurements, 44, 724
- [3] Bilski P., Berger T., Hajek M., Reitz G. (2011): Comparison of the response of various TLDs to cosmic radiation and ion beams: Current results of the HAMLET project, Radiation Measurements, 46, 1680
- [4] Hajek M. et al. (2008): Convolution of TLD and SSNTD measurements during the BRADOS-1 experiment onboard ISS (2001), Radiation Measurements, 43, 123

Magyar fedélzeti számítógép a Philae leszállóegység felébredése mögött

**Baksa Attila, Balázs András, Pálos Zoltán, Spányi Péter,
Szalai Sándor, Várhalmi László**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest,
SGF Kft., Budapest

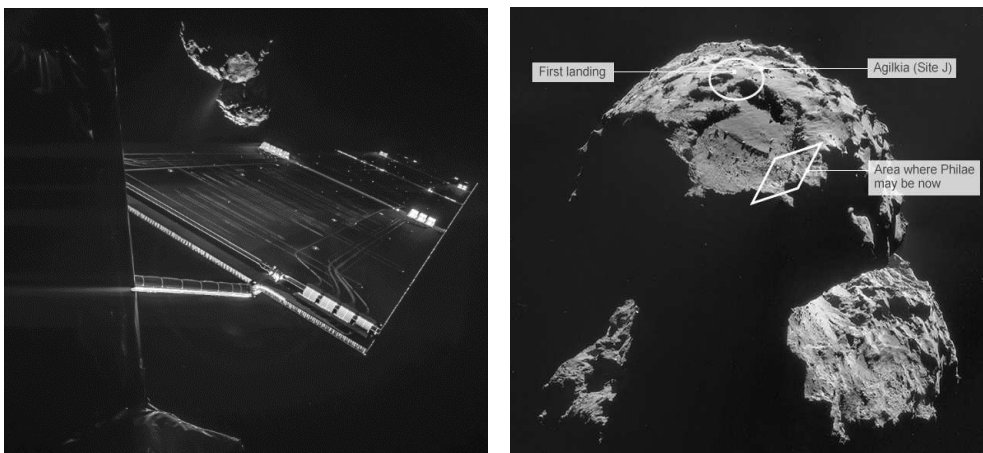
A Rosetta az ESA (European Space Agency) talán legszélesebb körben ismert tudományos küldetése, amely nemcsak technikai és tudományos téren hozott áttörést, de a küldetés fejleményeinek a közösségi oldalakon való aktív kommunikációja és a fiatalokat célzó rajzfilmes bemutatása is újdonság volt. Az űrszonda 2004-ben indult 10 éves útjára és 2014 tavaszán érkezett meg célpontjához, 67P/Csurjumov–Geraszimenko-üstököshöz (67P). A korábbi üstököskutató űrszondák rövid idejű átrepüléseivel ellentétben a Rosetta az üstökössel együtt indult tovább a Nap körüli pálya perihélium pontja felé. A 10 és 100 kilométer között változó pályamagasságból készített fotók és mérések eddig soha nem látott részletességgel kezdték feltárni egy üstökös működésének titkait.

A kalandos leszállás és annak következményei

2014. november 14-én, 500 millió kilométerre a Földtől megkezdődött a küldetés legizgalmasabb szakasza. A Philae leszállóegység 22,5 km távolságból, 0,17 m/s induló sebességgel, 7 órás ereszkedés után 0,35 m/s sebességgel az üstökös felszínére érkezett. A pályaszámítások hibátlanok voltak és a leszállólábak az előzetesen kiválasztott 250 méter sugarú kör csaknem közepén érték el a felszínt. Ám a teljes siker kapujában ekkor kezdődött csak a Philae igazi vesszőfutása.

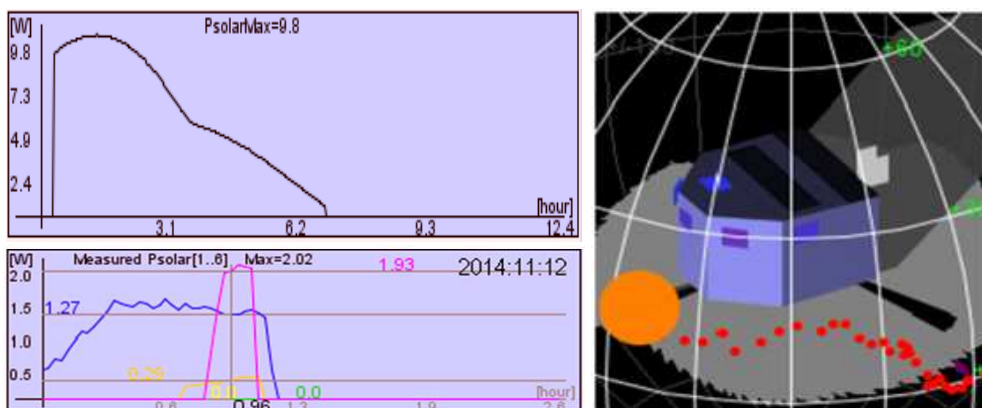
Először a stabil felszíni pozícióért, majd ezután a napenergiáért, amely hosszú távon nélkülözhetetlen számára. A leszállást látszólag két berendezés meghibásodása is ellehetetlenítette. A leszállást előkészítő műveletek során derült fény az ADS (Active Descent System) fűvóka-hajtómű meghibásodására, amelynek közvetlenül a felszínt éréskor lett volna fontos szerepe. Az ADS az üstököshöz szorította volna a leszállóegységet, amíg a horgonyzó rendszer (Anchoring System) az üstökösbe lövi a szigonyokat, amik stabilan a lehorgonyozzák a szondát. A leszállás pillanatában viszont működésképtelennek bizonyult a horgonyzó rendszer is. A 10 évnyi fagyott űrutazás után a pirotechnikai patronok nem robbantak, amik így a szigonyokat nem lötték ki. A leszálláskor mért szeizmikus adatok vizsgálata azonban kimutatta, hogy a vékony felszíni poros hóréteg alatt

olyan kemény jégtömeg található, amiben a szigonyok várhatóan meg sem tudtak volna kapaszkodni. Ennek hiányában az ADS rendszer működése feltehetően instabilitást okozott volna, így tehát a kettős meghibásodás együttese inkább előnynek bizonyult. Így feleslegesen működő fűvóka és kábelen csapkodó szigonyok sem gátolták a leereszkedést eddig is stabilan tartó nagytömegű lendkereket abban, hogy a visszapattanáskor és utána is stabilizálni tudja a leszállóegység megfelelő szögpozícióját az újabb felszínre érésekhez.



1. ábra: A Philae által a leszállás előtt, 18 km távolságból készített foto (balra) és a leszállási zónák (jobbra)

A végső felszíni pozíciót két óra múlva sértetlenül érte el a szonda az eredetileg másodlagosnak kijelölt leszállási zóna környezetében, egy rendkívül sziklás és árnyékos területen. A beépített nagykapacitású elemekre alapozott fő tudományos küldetést azonnal meg is kezdte a szonda. Sajnos az eredeti leszállóhelyen várt napsütési profil helyett itt csupán két napelempanelre érkezett érdemi napfény, az is mindössze két órán át üstökösnaponként. A 2. ábrán a felső grafikonon az eredetileg tervezett leszállóhelyen beérkező napenergia szimulációja látható. Ennek 10%-a körüli értéket mutat a végső leszállóhelyen mért valós adatokból rajzolt grafikon. Egyértelműen látható, hogy a hosszú távú működéshez minimálisan szükséges 5 W teljesítményt még időlegesen sem biztosítja a bejövő energia. A jobb oldali modellen világos színnel látható a Nap-pálya és hogy melyik napelmeket érte megvilágítás. Így a másodlagos tudományos küldetés megkezdése helyett csak az időszakos hibernálás maradt az egyetlen lehetőség a Philae számára.



2. ábra: Az eredeti leszállóhelyre szimulált és a végső helyszínen mért napenergia profilok (a teljesítmény az idő függvényében) 2014. november 12-én.

A Philae tudományos küldetése

A Philae küldetésének fázisai, azok tervezett időtartama és az ezekhez elvileg rendelkezésre álló energiaforrások:

A Philae küldetésének szakaszai	Időtartam	Energiaforrások
Úrutazás	~10 év	max. 53 W a Rosetta űrszondából
Leszállás (SDL)	~7 óra	napenergia és ~1300+100 Wh a fő és újratölthető telepekből
Fő tudományos küldetés (FSS)	~60 óra	napenergia és ~1300+100 Wh a fő és újratölthető telepekből
Hosszú távú tudományos küldetés (LTS)	max. ~14 hónap	napenergia és ~100 Wh az újratölthető akkuból

A leszállás váratlan fordulatai után a szonda hiánytalanul működőképes állapotban, de a felszínhez való fizikai rögzítés nélkül kezdett neki a fő tudományos küldetés méréseinek. A kockázatok csökkentése érdekében a statikai kockázatot nem jelentő mérések kezdődtek el. A mechanikus manipulátorokat igénylő műszerek méréseit hátrasoroltuk az időrendben. A fő tudományos küldetés, a telepek teljes lemerülésének és a beérkező napenergia felhasználásának (~1300+100+8 Wh) közel 60 órája alatt a rendszer minden tudományos műszere és szolgálati rendszere hibátlanul működött. A Philae a tudósok számára még éveken át tartó tudományos elemzésekhez elegendő mérési adatot továbbított a Földre teljesen automatikusan. Ezután a szonda hibernált állapotba került és az üstököskörnyezet árnyékos részeinek $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérséklete közelébe hűlt le. A feléb-

redésre az egyetlen reményt a Naphoz való közeledés során érkező növekvő napenergia és az üstökös fejrészének esedékes évszakos változása jelentette a perihélium felé közeledve.

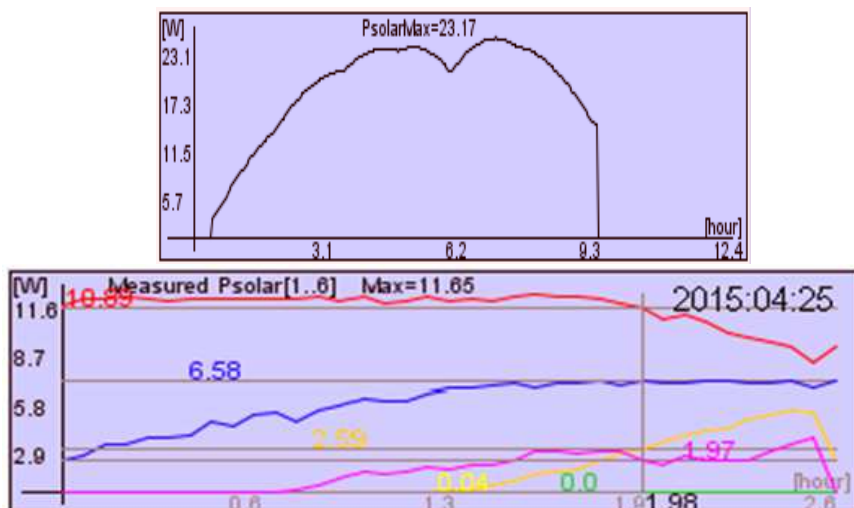
A felébredés

A Philae fedélzeti számítógépe 6 hónapos fagyott hibernálást követően, 2015. április végén kapcsolt be újra és a fedélzeti szoftverrendszer azonnal aktiválta a hosszú távú (LTS) küldetéshez tartozó úgynevezett „túlélési és energiagyűjtési” üzemmódot. Ennek algoritmusaival megkezdte az újratölthető akkumulátorok 0 °C fölé fűtését, ahol azok már tölthetővé válnak a napenergiából. Eközben sorozatos önhibernálásokkal (akár több száz alkalommal is) csökkentette saját energiafogyasztását. A Földdel való kapcsolatfelvétel még további hónapokat vett igénybe, mert a beérkező napenergia nem volt elegendő a rádió adó-vevők bekapcsolásához. Az ehhez szükséges energiát apró részletekben, földi utasítások nélkül, napról napra gyűjtötte össze. Végül 2015. június 13-án 20:28:11 időpontban az algoritmusok érzékelték az akkumulátor megfelelő töltöttségi szintjét és a fedélzeti számítógép automatikusan rádiókapcsolatot létesített a Rosetta űrszondán keresztül a földi központtal. Az alábbi táblázatban és a 3. ábrán a hőmérsékleti és energiaviszonyok láthatók.

Esemény	Dátum	Távolság	Nap-sütéses órák	Napenergia	Belső hőmérséklet napfelkeltekor
Hibernáció	2014. nov.	~3 AU	~1.1 óra	< 5 W	<< -50 °C
Felébredés	2015. ápr.	~1.8 AU	~3 óra	> 20 W	> -50 °C

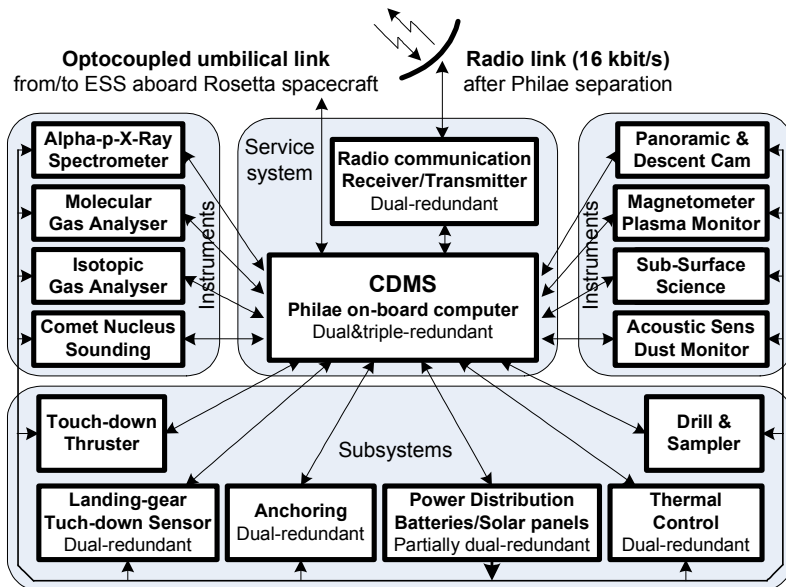
A leszállóegység bemutatása

A Philae leszállóegység egy teljes értékű miniatűr fizikai és kémiai laboratórium tíz tudományos műszer-csomaggal, amelyek a Rosetta űrszondával összekalibrált egyidejű mérések elvégzésére is alkalmasak. A műszerek a következőek: kamerarendszer magyar fejlesztésű porrészecske-érzékelő; alfarészecske- és röntgenspektrométer; fejlett gázelemző az elemi, molekuláris és izotópösszetevők érzékeléséhez; infravörös mikroszkóp; felszíni akusztikus és hullámdetektor; permittivitás-érzékelő; porrészecske-érzékelő; többfunkciós felszíni és felszín alatti érzékelő; magnetométer; plazmatér-érzékelő; üstökös-mag-hullámmérő; fűró, mintavevő és szétosztó berendezés.



3. ábra: Az eredeti leszállóhelyre szimulált és a Philae ébredésekor mért napenergia adatok és profilok 2015. április 25-én.

A tudományos műszerek mellett a szonda működését hét szolgálati alrendszer biztosítja, ezek: magyar fejlesztésű központi fedélzeti számítógép (többszörös redundanciával), magyar fejlesztésű energiaelosztó rendszer (többszörös redundanciával); belső hőmérsékletet tartó rendszer (kétszeres redundanciával); leszállólábak; lendkerék; horgonyzó rendszer (kétszeres redundanciával); aktív leszállórendszer; rádió telekommunikációs eszközök (kétszeres redundanciával).



4. ábra: Tudományos műszerek és szolgálati rendszerek a Philae leszállóegységen

A hibatoleráns magyar fedélzeti számítógép

A fedélzeti számítógép a leszállóegység egyik legkritikusabb eleme, mivel meghibásodása a küldetés végét jelenti. Így nagyon szigorúak a tervezéssel és az áramkörökkel kapcsolatos követelmények. Hatalmas sugárdózist kell elviselniük a 10 éves űrutazás közben, hibátlanul kell működniük -60 -tól $+70$ °C hőmérsékleten és rendkívül alacsony, 1,5–3,5 W teljesítmény felvételével kell beérnie. Az összesen 13db nagy integráltságú FPGA (field programmable gate array) mellett a Harris RTX2010RH processzor adja a számítógép teljesítményét, amely Forth programozási nyelven tette lehetővé a többfeladatos valós idejű fedélzeti szoftver kialakítását. A számítógép mindössze $\sim 1,3$ kg tömegben és ~ 1 dm³ térfogatban tartalmazza a kétszeres illetve néhol háromszoros redundanciával megvalósított elemeket, mint például: processzor modul, vész földi parancsdekódoló, valós idejű órák, kommunikációs interfészek, nagykapacitású memóriakártyák és földi adatküldő/parancsfogadó áramkörök. A különböző szintű redundanciák kezelését hibrid hardver- és szoftvermegoldások végzik.



5. ábra: A számítógép összeszerelve, illetve a processzor és az időzítő/parancsdekódoló kártyák.

A fedélzeti beágyazott szoftver

A szoftvernek számtalan követelménynek kell megfelelnie:

- Valós idejű működés, azaz minden párhuzamos feladatot korlátos időn belül el kell tudnia végeznie, a külső eseményekre pedig rövid válaszidőn belül kell reagálnia. Mindez különösen fontos például a leszállás és talajt érés pillanataiban.

- Rugalmasság és nagyfokú autonómia. A szoftvernek 10 évnyi űrutazás után a Földtől többórás rádiójel-késleltetéssel egy olyan helyen kell komplex feladatokat önállóan elvégeznie, amelyről a fejlesztéskor még csak fotók sem léteztek. A tucatnyi tudományos műszert és alrendszert egy ismeretlen és aktív környezetben kell irányítania, ezért a szoftver moduljai és algoritmusai távolról is változtathatók kell, hogy legyenek.
- Magas fokú hibatolerancia, az esetleges meghibásodások önálló, automatikus és azonnali kezeléséhez.
- Rendkívül kicsi méret: 16 kbyte PROM; 4*64 kbyte EEPROM; 4*64 kbyte RAM.

Egyedi fejlesztésű többfeladatos, valós idejű operációs rendszer biztosítja, hogy a feladatkezelő alkalmazások ne blokkolhassák a processzort és más hardverelemeket, azok erőforrásaiért való versengésük közben. A következő alkalmazások látják el a feladatokat:

- TC/TM: Telekommunikációs kapcsolat fenntartása a Rosetta űrszondával, földi parancsfogadás és adatküldés. Beépített nagykapacitású tudományos adatmemória kártyák kezelése.
- EXP: A leszállóegység tudományos műszereinek közvetlen vezérlése és a mért adataik gyűjtése.
- AMST: Autonóm küldetésvezérlés, a leszállóegység üzemmódjainak beállítása és a tudományos műveletek irányítása.
- PWITH: A leszállóegység energia- és hőmérsékleti egyensúlyának fenntartása, hibernált állapotok kezelése. Az akkumulátorok, nap-elemek és a Budapesti Műszaki Egyetemen készült energia-ellátó illetve kapcsolórendszer közvetlen vezérlése.
- ADS: Aktív leszállásvezérlő, a felszínre érés feladatainak ellátásához és a horgonyzó rendszer vezérléséhez.
- RDM: Öndiagnosztikai rendszer, amely a fedélzeti számítógép magas rendelkezésre állását biztosítja és a beépített tartalékolás komponenseit üzemidő-kiesés nélkül, automatikusan aktiválja.
- TEST: Szoftverfejlesztést, tesztelést, hibafeltárást támogató modul, amely az űrszonda felbocsátása idején még csak alapképességű szoftverrel szemben a 10 éves űrutazás alatt támasztott újabb és újabb követelmények fejlesztési ciklusaihoz nyújtott támogatást.

Kiemelt figyelmet érdemel az AMST alkalmazás, amely innovatív, háromszintű objektumorientált adat-kód megközelítéssel fogja össze a leszállóegység működésének autonóm és adaptív irányítását. Szerkezetének alapeleme az MSO (Mission Sequencing Object), amely adat és kód formájában felelős az egyes tudományos műveleti szakaszok működtetéséért, valamint a normális és váratlan események kezeléséért. Az MSO elemek hierarchikusan láncolt halmazait fel-

sőbb logika koordinálja, amely kapcsoltban áll a PWTH alkalmazás energiaegyensúlyi jelentéseivel, így dinamikusan tudja kiválasztani a leszállóegység aktuális lehetőségeinek legmegfelelőbb tudományos műveletet. A témával egy korábbi cikkünk önállóan is foglalkozott [5].

Az energiarendszert vezérlő automatikus algoritmus a hosszú távú másodlagos küldetéshez

A szoftver az alkalmazások együttműködésével lehetővé teszi hosszú távú, komplex tudományos program önálló végrehajtását még akkor is, ha nincs rádiókapcsolat a Földdel, de a környezeti feltételek miatt mégis folyamatosan újra kell ütemezni a feladatokat. Ezt a képességet a PWTH és AMST alkalmazások együttműködésében futtatott LTS (Long Term Science) üzemmód teszi lehetővé. Ebben a módban a rendszer függetleníti magát a földi parancsoktól és akár hónapokig is autonóm módon képes dolgozni. Az akkumulátorok teljes lemerülése és a szonda $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti jégbefagyása is üzemszerű része lehet a működésnek, mert a rendszer hibernált állapotban vészeli át az ilyen kedvezőtlen időszakokat. Megőrzi a tudományos mérések eredményeit és kedvezőbben alakuló környezeti feltételek esetén automatikusan folytatja a kutatást. A hibernálás után, $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ felett az LTS mód aktivál egy „túlélő” algoritmust, amely minden lehetséges energia-felhasználást minimalizál, akár a fedélzeti számítógép időszakos önlekapcsolása árán is. Igyekszik csak a létfontosságú komponenseket táplálni a napenergiával, ezek pedig a belső mag fűtése és az akkumulátorok töltése, amint eléri a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékletet. A töltöttségnek megfelelően automatikusan aktiválja a számítógép „super low power”, „low power” és „normal” üzemmódjait, amelyek korlátozott vagy teljes értékű funkcionalitást biztosítanak. Elégséges akkumulátor töltöttség esetén pedig automatikusan folytatja a tudományos programot és megkezdí az adóvőkkel a Rosetta űrszonda keresését.

Összegzés és tapasztalatok

A Philae leszállóegység a 2004-es indítás után 10 évnyi bolygóközi utazással a Rosetta űrszondához rögzítve 2014 tavaszán érte el 67P üstökös közvetlen környezetét. Az üstökös megfigyelése után a sikeres felszínre ereszkedés 2014. november 14-én az ADS és Anchoring rendszerek meghibásodásának következtében, kalandos fordulatokkal, nem nominális módon történt meg. Az ADS rendszer a beépített tartalékolás hiánya miatt hibásodott meg. Az Anchoring rendszer redundáns kiépítésű volt ugyan, de a két egyforma példány

szisztematikusan azonos meghibásodást szenvedett el. Az elért végső leszállóhely alkalmatlan volt az eredeti tudományos program végrehajtására. A fedélzeti számítógép flexibilitása lehetővé tette a tudományos program gyors átszervezését és az újragondolt biztonságos mérési sorozatok végrehajtását. Minden tudományos műszer-csoport mérései sikeresek voltak. Üttörő tudományos eredmények és publikációk születtek, többek között az üstökösöknek a földi élet kialakulásában játszott fontos szerepének megerősítése terén. A közel 60 órás fő tudományos küldetés után az elégtelen hőmérsékleti és fényviszonyok következtében a leszállóegység hibernált, fagyott állapotba került. A Naphoz közeledő üstökös felszínén 6 hónap alatt változtak meg a körülmények olyan mértékben, hogy a Philae képes volt a hibernált állapotból 2015. április 25-én életre kelni és megkezdeni a másodlagos tudományos küldetést. További másfél hónapon át tartott, amíg a mérések mellett a fedélzeti számítógép napról napra fűtve, illetve energiát gyűjtve kommunikációképes állapotba tudta hozni leszállóegységet. Az 2015. június 13-án 20:28:11 időpontban újból rádiókapcsolatot létesített a Rosetta űrszondán keresztül a Földdel.

Ezután még további nyolc alkalommal kommunikált, újabb tudományos adatokat is küldve. A rádióadók és -vevők állapota folyamatosan romlott, az elsődleges adó meghibásodása után a Philae már a tartalék adóján küldte el az utolsó adatcsomagjait, 2015. július 9-én 19:45–20:07 között. A fedélzeti számítógép összességében több tíz megabájtnyi adatot küldött a Földre és a másodlagos küldetés 2,5 hónapja alatt is hibátlanul működött. A Rosetta küldetés további izgalmas eseményeket tartogat még, mert a tervek szerint a hatalmas Rosetta is leereszkedik a felszínre, hogy 67P üstökös 2021-es visszatérésekor újból Földközeli üdvözölhessük.

Rendszerünk műszaki megoldásai, úgy mint a különböző szinteken létrehozott redundanciák, azok hibrid hardver/szoftver úton történő kezelése, a meghibásodások autonóm felderítése és a tartalékolások automatikus aktiválása helyes megközelítésnek bizonyult. Távoli égitesten bizonyított a tudományos küldetést magas szabadságfokkal, autonóm módon vezérlő MSO modell megoldásunk is, ami egészen új irány az űrkutatásban.

Mindezeket összegezve megállapíthatjuk, hogy az európai űrkutatás Naprendszerünk legegizotikusabb objektumainak robotizált kutatásának korszakába lépett, amiben hazánk immár ESA tagországgént is kiemelkedő szerepet játszott.

A Rosetta projektben való részvételünket a Magyar Űrkutatási Iroda segítette, amiért ezúton szeretnénk köszönetünk nyilvánítani.

Irodalom:

- [1] Balázs A., Baksa A., Bitterlich H., Hernyes I., Küchemann O., Pálos Z., Rustenbach J., Schmidt W., Spányi P., Sulyán J., Szalai S., Várhalmi L. (2016): Command and data management system (CDMS) of the Philae lander. *Acta Astronautica*, DOI:10.1016/j.actaastro.2015.12.013
- [2] Baksa A., Balázs A., Pálos Z., Szalai S., Várhalmi L. (2003): Embedded Computer System on the Rosetta Spacecraft. *Proc. DASIA 2003, Data Systems In Aerospace*, ed. Harris R.A., ESA SP-532, 250
- [3] Baksa A., Balázs A., Pálos Z., Szalai S., Várhalmi L. (2002): A Rosetta Lander központi vezérlő és adatgyűjtő számítógépe. *Magyar Elektronika*, 2002/12, 28
- [4] Baksa A., Balázs A., Pálos Z., Spányi P., Szalai S., Várhalmi L. (2003): A Rosetta leszállóegység fedélzeti szoftverrendszere. *Magyar Elektronika*, 2003/1-2, 54
- [5] Baksa A. (2015): Űreszközök fedélzeti autonómiájának kialakítása a Naprendszer távoli objektumainak kutatásához. *Űrtan évkönyv 2014*, MANT, Budapest, 44

Ősi bolygórendszerek és mega-Föld a Kepler-mezőben

Futó Péter

Nyugat-magyarországi Egyetem,
Földrajz és Környezettudományi Intézet, Szombathely

Az ultraprecíz fotometriai méréseket végző űrtávcsövek az exobolygók tömeges felfedezésére alkalmas technológiát jelentenek. A megfigyelések pontos adatainak ismeretében meghatározható a tranzitbolygók átmérője és pályaparaméterei. A csillag radiális sebességének (RV) mérésén alapuló módszer segítségével pedig jó közelítéssel megadható az egyes planéták tömege. E mérési stratégiák egymást kiegészítő alkalmazása olyan új bolygótípusok azonosítását is lehetővé tette, amelyek létezését a kutatók egy része korábban kétségbe vonta. Jelen írásban a világegyetem fejlődésének korai időszakában kialakult bolygók, köztük egy új, különleges bolygótípus felfedezéséről esik szó, amelyek egyrészt még a Kepler-űrtávcső küldetésének első szakaszában (K1) megfigyelt, eredeti Kepler-mezőben történtek.

2015-ben jelentették be a Naptól mintegy 117 fényévnire lévő Kepler-444 jelű csillag [1,2] körül egy 5 bolygóból álló, multi-planetáris rendszer felfedezését. A legtávolabbi planéta keringési távolsága a Nap–Merkúr távolság alig több mint egyötöde, míg a rendszer legbelső bolygója 9,26-szor közelebb kering csillagához, mint a Naphoz a Merkúr. A bolygók mindegyike kisebb méretű a Földnél, átmérőjük 0,403 (b), 0,497 (c), 0,53 (d), 0,546 (e) és 0,741 (f) földátmérő, keringési periódusuk pedig 3,6, 4,546, 6,189, 7,743 és 9,74 nap. Fizikai tulajdonságaikat illetően valószínűleg közetbolygók lehetnek. A K-színképtípusú központi csillag Napunknál mintegy 25%-kal kisebb tömegű és átmérőjű (0,752 napátmérő), hűvösebb (felszíni hőmérséklete 5046 K) és fémeiben szegényebb csillag. A csillag kora 11,23 milliárd év, így jelenleg ez az egyik legidősebb ismert bolygórendszer, amelyben Föld-típusú bolygók keringenek.

Takeda és mtsai (2007) [3] adatai szerint a HD 219134 katalógusjelű, K3V színképtípusú, 21,36 fényévnire lévő csillag még az említett Kepler-444 jelű törpecsillagnál is idősebb, ugyanis az előbbi kora 12,46 milliárd évnél adódott. A HD 219134 körül a hawaii-i Keck I teleszkópra szerelt HIRES spektrográf segítségével az eredetileg 4 ismert bolygót tartalmazó rendszerben további 2 bolygót is azonosítottak [4]. A mindössze 3 napos keringési idejű b jelű bolygó csillaga előtti átvonulását is sikerült megfigyelni a Spitzer-űrtávcsővel. E bolygó sugara 1,606-szorosa a Földének [5], tömege pedig 4,46 földtömeg – a forró szuper-Földek tipikus képviselője.

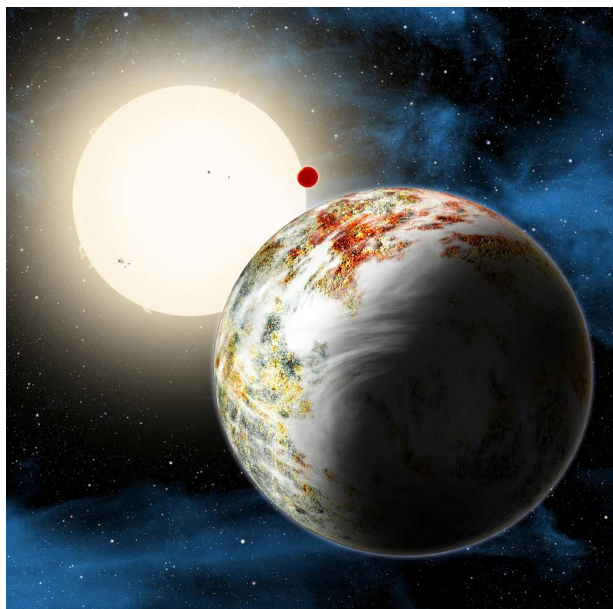
A NASA Kepler-űrtávcsővével fedezték fel a Kepler-10b és c katalógusjelű bolygókat is, amelyek közül a csillaghoz közelebb keringő (b) planéta egy forró szuper-Föld, míg a kissé távolabbi pályán keringő társa (c) egy Neptunusz-tömegű bolygó. A rendszer mintegy 10,6 milliárd éves [6], így a Kepler-10b és c 2,3-szer idősebbek a Földnél. A csillag és bolygói akkor alakultak ki, amikor a világegyetem kora még csupán 23%-a, mérete pedig alig a fele volt a jelenleginek.

Mega-Föld a Sárkány csillagképben

A Kepler-10c tömege (17,2 földtömeg, $M_{\oplus}$) közel azonos a Neptunuszéval (17,147 $M_{\oplus}$), átmérőjükben azonban jelentősen eltérnek egymástól: míg a naprendszerbeli óriásbolygó 3,88 földátmérőjű ($R_{\oplus}$), addig a Kepler-10c átmérője 2,35 $R_{\oplus}$ [7]. A bolygó átlagsűrűsége 7,1 g/cm³, azaz majdnem négy és félszerese a Neptunuszénak, amiből következik, hogy felépítésében domináns módon vesznek részt nagyobb sűrűségű anyagok, így főként szilikátokból állhat. A méréseket a bolygótömeg spektroszkópiai úton történő pontos meghatározására kifejlesztett HARPS-N (High Accuracy Radial velocity Planet Searcher-North) műszerrel végezték el, amely egy a La Palma szigetén található Galileo-teleszkópra (ESO) szerelt spektrográf. Az átlagsűrűséget figyelembe véve, a lehetséges belső felépítés meghatározását megcélzó modellszámítás eredménye szerint a Kepler-10c-nek lehet fémes magja, annak tömege azonban nagy valószínűség szerint nem haladja meg a teljes bolygótömeg egyötöd részét (a mag tömege 3 $M_{\oplus}$ körüli). Legkülső szilárd gömbhéját pedig főként a víz-jég nagy nyomású fázisai alkothatják, mely tömegfrakció a bolygótömeg hozzávetőlegesen 20%-át képezheti [8]. Felépítésében a legnagyobb arányban szilikátok vesznek részt, és mivel tömege jócskán 10 földtömeg feletti, a bolygó „mega-Föld” néven szerepel a szak- és ismeretterjesztő irodalomban.

A mega-Föld elnevezés tehát minden olyan 10 földtömegnél nagyobb bolygóhoz hozzárendelhető, amelyek tömegének jelentős hányadát szilikátok teszik ki. A mintegy 20%-nál nagyobb tömegarányban vizet és/vagy gázkomponenseket tartalmazó, tíz földtömegnél nagyobb objektumok már átmenetet képeznek a mega-Földek és a Neptunuszhoz hasonló bolygók között. 30% körüli jégtömeg-frakció és viszonylag vastag gázburok esetén pedig már Neptunusz-szerű planétákról beszélhetünk. A mega-Földek többsége nagy valószínűséggel 2–3 $R_{\oplus}$ közötti átmérőjű lehet (sub-Neptune-sized planets), de felépítésük függvényében létezhetnek ennél kisebb (kb. 1,7–2,0 $R_{\oplus}$) méretű képviselőik is. A legnagyobb méretű Föld-típusú bolygók átmérője valószínűleg meghaladja a 2,5 földátmérőt. Ez pe-

dig azt jelenti, hogy a mikrométeres nagyságú porszemcséktől a teljes bolygótest összeállásáig az óriás kőzetbolygók kialakulási folyamata során több mint 13 nagyságrendet átfogó méretnövekedés következik be!

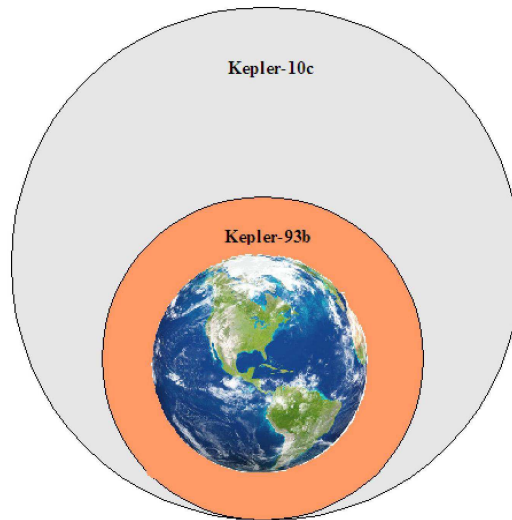


1. ábra: A Kepler-10 rendszer bolygói, előtérben a c jelű, 17,2 földtömegű mega-Földdel. (Fantáziakép: David A. Aguilar / Harvard CfA)

Az ősi nagy tömegű szilikátos bolygók léte azért is érdekes, mert amikor e bolygók keletkeztek és a világegyetem a fejlődésének még viszonylag korai fázisában volt, a nehéz elemek aránya még jóval kisebb kellett, hogy legyen, mint napjainkban. A Kepler-10 rendszer kora azonban azt jelzi számunkra, hogy nehéz elemek az univerzum evolúciójának már e kezdeti időszakában is már olyan arányban rendelkezésre álltak a bolygóképződéshez, amely gyakoriság esetén akár nagy tömegű szilikátos bolygók kialakulására is lehetőség nyílt.

Léteznek olyan 12,5–13 milliárd éves galaxisok, amelyekben a csillagkeletkezés üteme röviddel kialakulásuk után két vagy több nagyságrenddel is meghaladta a Tejútrendszerünkben jelenleg megfigyelhető ütemet, ennél fogva a nehéz elemek is viszonylag hamar feldúsultak az intersztelláris anyagban. A jelek szerint a hidrogénnél és a héliumnál nehezebb elemek aránya az első kozmikus struktúrák kialakulását követően már mintegy 1–2 milliárd éven belül megközelíthette a jelenlegi értéket. Az univerzum fejlődéstörténetének tehát nagy része alatt adottak voltak a Föld-típusú bolygók keletke-

zésének feltételei. Mindebből természetesen az is következik, hogy a körülmények már nagy valószínűséggel a világegyetem fejlődésének meglehetősen korai időszakában lehetővé tehettek az ősi élet megszületését is.



2. ábra: A Kepler-űrtávcsővel felfedezett planéták közül a HARPS spektrográf segítségével sikerült a majdnem másfélszeres földátmérőjű ($1,478 R_{\oplus}$) forró szuper-Föld, a Kepler-93b tömegét is pontosan meghatározni. Ez a 4,02 földtömegű bolygó méretük összehasonlítása céljából szerepel egy ábrán a Kepler-10c-vel és a Földdel.

Kepler-131b valószínűleg átmenetet képezhet a Neptunusz-szerű planéták és a mega-Földek között, átmérője 2,41-szorosa, tömege 16,13-szorosa a Földének [9]. A bolygó egy Napunkhoz hasonló csillag körül kering. Periódusideje 16,092 nap, keringési távolsága pedig egyharmada a Merkúr átlagos naptávolságának.

További lehetséges mega-Föld-jelölt a Kepler-113b, amely egy 1,82 földátmérőjű planéta, tömege pedig 11,7 földtömegnek [9] adódott. A 4,754 napos keringési idejű bolygó egy Napnál kisebb tömegű, K színekeposztályú főszorozati csillag körül kering 0,0491 csillagászati egység (CSE) távolságban.

A terasztrikus szuper-Földek geológiailag aktívabb égitestek, mint kisebb tömegű bolygótársaik [10]. A még náluk is nagyobb tömegű óriás kőzetbolygók, a mega-Földek magasabb hőmérsékletű belsejében pedig valószínűleg még intenzívebb geodinamikai folyamatok zajlanak, több réteges köpenycirkulációval.

Nagy tömegű Föld-típusú bolygók kialakulása

A magakkreációs modell alapján általánosan elfogadott nézet szerint az akár még 10 földtömegnél is nagyobb bolygómagok (planetary embryo) vastag burkot gyűjtenek maguk köré a protoplanetáris korong még rendelkezésre álló gázanyagából. A bolygómagok felépülését követően a fejlődés további kimenetelét még számos körülmény befolyásolhatja, így adott esetben az is előfordulhat, hogy elfogy a korong gázanyaga és leáll a tömeggyarapodás folyamata, még mielőtt a vastag gázburok kialakulhatna a jég-/kőzetmag körül. Az eredmény egy viszonylag vékony légkörű, szilárd felszínű bolygó lehet, melynek tömege meghaladhatja a Földének tízszeresét is. Az előbbieken felvázolt forgatókönyv nagyon is lehetséges folyamata a mega-Földek kialakulásának, azonban megfelelő feltételek esetén minden valószínűség szerint a Földhöz hasonló módon is létrejöhetnek a nagy tömegű kőzetbolygók.

Batygin és Laughlin [11] szerint a Naprendszer keletkezésének nagyon korai fázisában megszületett Jupiter a rendszer belső övezetei felé vándorolt, elpusztítva azoknak a már formálódó belső bolygóknak a csíráit, amelyek egyéb esetben szuper-Földekké fejlődhettek volna. Kialakulását követően a Szaturnusz hatására a Jupiter vándorlása terén irányváltás következett be, és a bolygó ismét kifelé kezdett vándorolni, míg el nem érte a dinamikailag stabil állapotot jelenlegi pályáján. Ennek következtében kisebb tömeggel ugyan, de létrejöhetnek a belső övezet kőzetbolygói, a bolygóképződés egy második generációs szakaszának keretében. A mega-Föld-jellegű bolygók leginkább az óriásbolygót nem tartalmazó rendszerekben jöhetnek létre. A fenti hipotézist tovább gondolva, nagy tömegű kőzetbolygók nagy valószínűséggel kialakulhatnak a Naprendszerhez hasonló jellegzetességeket mutató rendszerekben is, feltéve, hogy időben bekövetkezett a befelé vándorló óriásbolygó irányváltása egy elegendően nagy tömegű protoplanetáris korongban. Az új felfedezések tükrében hamar világossá válik, hogy a szilikátos bolygók keletkezését és evolúcióját leíró modellek némiképp revízióra szorulnak, s újra át kell gondolni azokat.

A kialakuló kőzetbolygók tömege a protoplanetáris korong tömege mellett többek között erőteljesen függ a planetezimálok kezdeti sűrűségétől is. A nagyobb planetezimálsűrűség kisebb számú és nagyobb tömegű kőzetbolygó keletkezéséhez vezet [12]. A fémgazdag csillagok körüli protoplanetáris korongban nagyobb mennyiségű szilárd anyag van [13], amiből amellet, hogy több bolygó keletkezhet, nagyobb tömegű szilikátos bolygótestek is kialakulhatnak a rendszerben, mint a fémben szegényebb csillagok esetében.

Nehéz elemekből álló viszonylag nagy méretű bolygómagok a Jupiter-szerű óriásbolygók esetében is előfordulnak, példaként említhetjük a HD 149026b jelű exobolygót. Jóllehet a bolygó nagy átlagsűrűségének alakulásaért jórészt a nagy közelség okán a csillag erős sugárzása miatt fellépő tömegvesztés lehet a felelős, a bolygómag önmagában is meglehetősen nagy tömegűnek számít. A Szaturnusz-kategóriájú exoplanéták között is megtalálhatók a nagy átlagsűrűségű csillagkísérők, amire jó példa a CoRoT-8b [14] katalógusjelű exobolygó.

A mega-Földek tekintélyes hányada valószínűleg a bolygórendszer csillagtól távolabbi régiójában alakult ki, és ezek egy része még azelőtt elnyerte végső formáját, mielőtt a Föld-típusú bolygók képződési zónájába vándorolt. A nagy tömegű bolygómagok kialakulásának modellezése jelentheti a kulcsot a mega-Földek egyik, a protoplanetáris korongokban a hóhatáron túl összeálló típusa keletkezésének pontosabb megértéséhez. Kialakulásuk behatóbb vizsgálatának jelentősége túlmutat csupán e bolygótípus jellemzőinek jobb megismerésén amiatt, hogy bővebb információt szolgáltathatnak a Neptunusz- és Jupiter-szerű bolygók magjainak összeállásáról is. Ezáltal stabilabb alapokra helyezheti a bolygórendszerek keletkezésére vonatkozó elméleteket. Az össztömeg több mint a háromnegyedét kitevő fém-szilikátos maggal rendelkező bolygók létezése rámutat arra is, hogy galaxisunkban előfordulhatnak a több tíz földtömegű szilárd felszínű bolygók is.

A létezésükben eddig megerősített Kepler-bolygók adatbázisában közzétett információk alapján arra következtethetünk, hogy még legalább egy fél tucat, a mega-Földek osztályába sorolható planéta paraméterei találhatók meg az adatsorok közt. Ebben azonban még nem lehetünk teljesen biztosak, ugyanis e sorok írásáig még nem jelentették be az érintett exobolygók tömegének RV-mérés útján történő pontosabb meghatározását, amelynek ismeretében azok is megfelelően kategorizálhatók volnának. Az adatbázis jelenleg még csupán a tömegük felső korlátjára vonatkozó értéket tartalmazza, ami a korábbi meghatározásban rejlő nagyfokú bizonytalanság következménye.

Bár a modellszámítások alapján az exobolygó-rendszerek gázóriáisait kivéve az exoholdak ritka jelenségnek számíthatnak, a mega-Földek körül is adott esetben fennállhat a nagy méretű holdak kialakulásának lehetősége. Ezen bolygóosztály képviselői ebből a szempontból azért mutatkozhatnak különösen érdekesnek, mert a Hold keletkezéséhez hasonló mechanizmus révén a kis tömegű kőzetbolygókkal ellentétben, esetükben nem zárható ki a Marsnál nagyobb tömegű kísérők megszületése sem. A 2024-ben indítani terve-

zett PLATO űrtávcső érzékenysége pedig már lehetővé teszi egy 0,4 földátmérőjű exohold kimutatását is [15].

Az extrém nagy tömegű, főként szilikátokból felépülő bolygók kialakulásának egyik alapvető előfeltétele a viszonylag nagy tömegű protoplanetáris korong, ami meglehetősen ritka. Emiatt, bár a Neptunuszhoz hasonló tömegű bolygók gyakoriak, ezek számának csupán töredéke lehet mega-Föld. Azonban az ilyen jellegű planéták valószínűleg még így is gyakoribbak lehetnek a Jupiternél nagyobb méretű óriásoknál, ezáltal Tejútrendszerünkben minden bizonnyal több mega-Föld létezhet, mint szuper-óriás gázbolygó (super-giant gaseous planet, $> 15 R_{\oplus}$).

Összegzés

A precíz űrfotometria jövőbeni alkalmazásával exobolygók további sorozatos detektálása várható. A minták alapján becsült gyakoriságot tekintve, a Nap galaktikus szomszédságában, mintegy 200 parsek sugarú térrészen belül nagy valószínűséggel majd sikerül azonosítani még további óriás közetbolygókat is, akár a K2 misszió keretében. Az űrtávcső programja számos nagyszerű eredménnyel – köztük új bolygótipusok azonosításával – büszkélkedhet, ezáltal a Kepler küldetése a NASA történetének egyik kiemelkedő sikere.

Irodalomjegyzék:

- [1] Campante T.L. et al. (2015): An Ancient Extrasolar System with Five Sub-Earth-Size Planets. *Astrophysical Journal*, 799, 170
- [2] <http://www.csillagaszat.hu/hirek/asztrofizika-hirek/af-exobolygok/ot-foldmeretu-bolygot-talaltak-egy-osi-csillag-korul/>
- [3] Takeda G. et al. (2007): Structure and Evolution of Nearby Stars with Planets II. Physical Properties of ~1000 Cool Stars from the SPOCS Catalog. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 168, 297
- [4] Vogt S.S. et al. (2015): Six Planets Orbiting HD 219134. *Astrophysical Journal*, 814, 12
- [5] Mataleni S. et al. (2015): The HARPS-N Rocky Planet Search I. HD219134b: A transiting rocky planet in a multi-planet system at 6.5 pc from the Sun. *Astronomy and Astrophysics*, 584, A72
- [6] Fogtman-Schulz A. et al. (2014): Accurate Parameters of the Oldest Known Rocky-exoplanet Hosting System: Kepler-10 Revisited. *Astrophysical Journal*, 781, 67
- [7] Dumusque X. et al. (2014): The Kepler-10 Planetary System Revisited by HARPS-N: A Hot Rocky World and a Solid Neptune-Mass Planet. *Astrophysical Journal*, 789, 154

- [8] Futó P. (2015): A transiting 'mega-Earth' in the Kepler-field: Kepler-10c. Lunar and Planetary Science Conference XLVI, 1024, Houston
- [9] Kepler honlap, <http://www.kepler.nasa.gov/Mission/discoveries/>
- [10] Futó P. (2010): Szuper-Földek. Természet Világa, 141 (11), 520
- [11] Batygin K., Laughlin G. (2015): Jupiter's decisive role in the inner Solar System's early evolution. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112, 4214
- [12] Regály Zs. (2015): Több, mint égen a csillag – 2. rész: Bolygók keletkezése. Fizikai Szemle, 65 (9), 306
- [13] Regály Zs. (2015): Több, mint égen a csillag – 1. rész: Exobolygók felfedezése. Fizikai Szemle, 65 (7-8), 233
- [14] Bordé P. et al. (2010): Transiting exoplanets from the CoRoT space mission – XI. CoRoT-8b: a hot and dense sub-Saturn around a K1 dwarf. Astronomy and Astrophysics, 520, A66
- [15] Szabó M.Gy., Simon A., Szalai T. (2011): Újdonságok az exobolygók világából. Fizikai Szemle, 61 (7-8), 217

„Gyorsan meg fogjátok találni a helyeteket az ESA-ban”

Bernard Zufferey, az Európai Űrügynökség (ESA) PECS Irodájának vezetője 2015 decemberében interjút adott az Űrvilág hírportálnak. Beszélgetőtársa korábbi magyarországi szakmai partnere és személyes barátja, Both Előd, a Magyar Űrkutatási Iroda 2015-ben nyugdíjmentes nyugdíjba vonult vezetője, a MANT alelnöke volt.

Magyarország a közelmúltban lett az ESA tagja – belépésünk egy csaknem negyedszázados közeledési folyamat megkoronázása lett. Ez a folyamat az elmúlt két évtizedben erősödött fel. Ezalatt vitathatatlanul egyetlen olyan ember volt az ESA-ban, aki elejétől a végéig követte ezt a folyamatot, és aki a legtöbbet segítette az egész magyar űrkutatói és űripari közösségnek, hogy megtegyük ezt a rögzös utat. Akiről szó van, *Bernard Zufferey*, egy svájci jogász, az ESA PECS Irodájának leköszönő vezetője, aki jövőre nyugdíjba megy. Az elmúlt két évtizedben alaposabban megismerte a magyar űrkutatást, mint bárki más a határainkon kívül, így érdemes odafigyelni a véleményére. Ezért éppen őt kérdeztük az ESA–magyar kapcsolatok múltjáról, jelenéről és jövőjéről és magyarországi – nem csak űr-vonatkozású – tapasztalatairól.



Bernard Zufferey (Kép: ESA)

– *Először együttműködésünk „őstörténetéről” szeretnék kérdezni. Mi a Te szakmai múltad, milyen szakmai háttérrel érkeztl az ESA-hoz?*

– Jogot tanultam a Berni Egyetemen. Miután végeztem, hamarosan a két svájci Műszaki Egyetem közös igazgatási részlegéhez, az úgynevezett Schulrathoz (Iskolai Tanács) kerültem. Svájcban csak ez a két Műszaki Egyetem működik szövetségi szinten (a többi a kantonokhoz tartozik), az egyik Lausanne-ban, a másik Zürichben. A Schulrat székhelye Zürichben van, a méltán híres ETH-n, ahol Einstein is tanult és tanított. Ott a két egyetem tudománypolitikai ügyeivel foglalkoztam, az űrkutatási projekteken keresztül megismertem az ESA tevékenységét. Megtudtam egy apró, de számomra rendkívül fontos részletet, miszerint az ESA-nál kevesebb a svájci

alkalmazott, mint ahányan az ország szerepvállalása alapján lehetnének. Ez némi magyarázatra szorul: a svájci emberek jól érzik magukat a hazájukban, jó a fizetésük, kellemes az élet, szép a táj, minek bajlódniának külföldi munkavállalással? Engem azonban izgatott a lehetőség. Szerettem volna valamivel többet megtudni a hazámon kívüli nagyvilágról. Nem a pénz miatt, hiszen ha otthon maradok, magasabb lett volna a fizetésem, de kíváncsi voltam, hogy alakulnak az ügyek Európában. A 80-as évek közepén megpályáztam egy állást, sikerrel, így az ESA párizsi központjában (HQ) kezdhettem dolgozni, ahol tíz évig maradtam.

– Melyek voltak az ESA-n belül azok a feladataid, amelyeken keresztül szoros kapcsolatba kerültél Magyarországgal? Mi volt a húszéves együttműködésünk jogi és adminisztratív háttere?

– 1995-ben áthelyeztek az ESA másik létesítményébe, az ESTEC-be, mert a PRODEX programon kezdtem dolgozni. Abban az időben Henk Olthof volt a PRODEX Iroda vezetője, én pedig – az Iroda adminisztrátoraként – a jogi ügyekkel, az intézeti szerződésekkel és hasonló dolgokkal foglalkoztam, amint arra már Te is emlékszel. Abban az időben a PRODEX program az űrpolitika felől a tényleges műszaki projektek felé tolódott, így az ESTEC természetes környezetet jelentett a munkánkhoz. Ez volt az a változás, 1995-ben, amikor a PRODEX Irodában kezdtem dolgozni, amikor közelebbi kapcsolatba kerültem Magyarországgal. Pontosan emlékszem arra, amikor 1995 februárjában Tófalvi úrral együtt Párizsba jöttetek. Azért is említem Tófalvi Gyula nevét, mert abban az időben neki fontos szerepe volt a kapcsolatok erősítésében. Azért jöttetek Párizsba, mert 1991-ben Magyarország általános együttműködési megállapodást kötött az ESA-val – már akkor is Ti voltatok az elsők, akik az ESA aijtáján kopogtattatok –, de ez a megállapodás projektek híján sokáig csak üres papír maradt. 1995-ben viszont szorosabbra fűztétek a kapcsolataitokat a német szakemberekkel, akik a Rosetta programon dolgoztak.

Abban az időben azonban Németországot még terhelte az egyesítés, és ahogy egyesek fogalmaztak „fontosabb dolgunk is van annál, hogy az űrben játszadazzunk”. A Rosettában tett vállalásaiknak azonban eleget kellett tenniük, ezért külső partnereket kerestek, hogy saját terheiken enyhítsenek. Itt került Magyarország a képbe, mert a DLR és a KFKI között volt egy megállapodás, amelynek értelmében Magyarország át tudott vállalni bizonyos, a Rosettával kapcsolatos feladatokat a DLR-től. Ezért fordult Magyarország az ESA-hoz, hogy a konkrét projektek menedzselésében nyújtsunk segítséget. Abban az időben az ESA nem volt felkészülve erre. Csak 6–7 év-

vel voltunk a nagy politikai változások után, de ez az idő nem volt elég arra, hogy az ESA alkalmazkodják az új helyzethez és felkészüljön a jövőre.

Mint mindig, akkor is Magyarország volt az első, azzal a kérésekkel, hogy adjunk formális keretet a Rosetta-együttműködése-
teknek. Kreatívna-
knak kellett lennünk, meg kellett találnunk a helyet, ahová beilleszthetünk Titeket. A Rosettában való közreműködésetek műszaki jellege miatt magától értetődő választás volt a PRODEX. Ti is újoncok voltatok a programban, én is akkor kerültem át a PRODEX-hez, így számomra természetes volt, hogy ezzel az új tevékenységgel kezdjek foglalkozni. Lépésről lépésre én kezdtem összefogni Magyarország PRODEX tevékenységét. Akkor kezdődött minden, húsz évvel ezelőtt, ami egyedülállóan hosszú idő a közép-kelet-európai országokkal való együttműködésünkben.

Még egy dolog segítette az együttműködést Veletek. Ebben is Magyarország volt az első: 1999-ben azt kértétek, hogy az ESA értékelje addigi együttműködését a közép-kelet-európai országokkal. Így jött létre az 1999. októberi Workshop, itt Budapesten, az MTA Székházában, Lengyelország, Románia és Csehország részvételével. Abban az időben stratégiai igazgatóként Jean-Jacques Dordain, a későbbi főigazgatónk volt felelős a nemzetközi kapcsolatokért, aki szintén itt volt Budapesten.

A konferencián a négy érintett ország képviselői kifejtették, hogy az Interkozmoszban szerzett tapasztalataik ellenére milyen távolinak tűnik az ESA. Azt kértétek az ESA-tól, hogy segítsen áthidalni az akkori helyzetetek és az ESA-tagság követelményei közötti szakadékot. Magyarország volt 1999 októberében a kezdeményező, az ESA-nál pedig Dordain úr részéről kedvező volt a kérés fogadtatása. Felkérte az úgynevezett „Bölcsök Tanácsát”, egy Carl Bildt korábbi svéd miniszterelnök vezetésével működő, és több tekintélyes személyiségből álló bizottságot, hogy tegyenek javaslatot a tényleges megoldásra. A bizottság egy speciális program kidolgozását javasolta azon országok részére, amelyek – akkor már látszott – a közeljövőben az EU tagjai lesznek. Így született meg 2001-ben az új program, a PECS, vagyis az európai együttműködő államok fogalma és a számukra létrehozott program. Magyarország 2003-ban elsőként csatlakozott ehhez az új együttműködési formához, a PECS-hez.

– Megkérdezhetem, hogy mit tudtál Te kezdetben, tehát a 90-es évek közepén Magyarországról, illetve elsősorban a magyar ürtevékenységről? Hogyan gyarapodtak ezek az ismereteid a következő két évtizedben?

– 1995-ben csak annyit tudtam, hogy korábban aktívak voltatok az Interkozmoszban, és volt egy űrhajósotok. Tudtam azt is, hogy az Interkozmosz részvételek a kommunista séma szerint folyt, ami azt jelentette, hogy egy-egy szűkebb szakterületre specializálódtatok, de nem volt rálátásotok az egész űrtevékenységre. Akkor még nem tudtam azonban, hogy melyek voltak a Ti fő szakterületeitek. Később ismertem meg, milyen eredményeitek voltak a Pillével és általában a dozimetria területén, ami az egyik specialitásotok volt. Kezdetben tehát nem sokat tudtam, csak néhány alapvető dolgot.

Később, miután megkezdődött a tényleges együttműködés, sok mindent megtudtam, jelentősen bővültek az ismereteim. Megismerkedtem több más tevékenységi területetekkel, a kozmikus fizikában és a bolygó kutatásban elért eredményeitekkel, az egykori holdradar kísérlettel. Folyamatosan, lépésről lépésre egyre többet tudtam meg a magyar űrtevékenységről.

Fontos felismerés volt számomra, hogy milyen jól szervezett érdekcsoportjaitok vannak, például a földmegfigyelés területén a HUNAGI. Megtudtam, milyen erős az űrtudományokkal foglalkozó közösségetek, és milyen fontosak Magyarország számára az élet- és anyagtudományok. Utóbbi esetében azt is megértettem, hogy ennek a központja a bányászati hagyományok miatt került Miskolcra. Úgy gondolom ennek a hagyománynak a természetes folytatása volt, hogy az ottani szakemberek az űrkísérletekbe is bekapcsolódtak. Végül, de nem utolsósorban a távközlés területén is megismerhettem az egyik nagyon erős cégeteket. De mindez időbe telt, csak fokozatosan kaptam egyre teljesebb képet az űrtevékenységekről.

– Folytassuk a beszélgetést az elmúlt két évtizeddel. Ebben az időszakban évente legalább kétszer jártál Magyarországon. Meg tudnád mondani nagyjából hányszor, és mennyi időt töltöttél hazánkban? Hány emberrel találkoztál rendszeresen vagy csak egy-egy alkalommal?

– Az első tíz évben valamivel gyakrabban jöttem, mert meg kellett alapozni az együttműködést, workshopokat tartottunk és így tovább. Abban az időben évente átlagosan húsz napot töltöttem Magyarországon, a második évtizedben valamivel kevesebbet, talán évente 5–6 napot. De összességében úgy gondolom, mintegy 300 napot tölthettem Magyarországon, ami munkanapokban számolva jóval több mint egy év.

Azt külön köszönöm Neked, hogy a munka mellett lehetőséget találtál arra, hogy megismerjem Budapestet és az országot. Meglátogattunk több vidéki űrkutatási, űripari intézményt, miközben az országokkal és a természeti szépségeivel is alkalmam volt megismer-



A PECS program keretében Bernard Zufferey évente kétszer meghallgatta a projektvezetők szakmai beszámolóit. A 2007-es fényképen jobbra interjúnk alanya, balra Both Előd, interjúnk készítője, a Magyar Űrkutatási Iroda akkori vezetője. (Kép: MŰI)

kedni. Meg kell, hogy mondjam, egyetlen más közép-kelet-európai országban sem kaptam meg ezt a lehetőséget, nálatok viszont bejárhattam az ország nagy részét, így képet kaptam arról is, mi van Budapesten kívül.

Ami az embereket illeti, volt egy 20–30 fős „kemény mag”, akikkel kezdettől fogva rendszeresen találkoztam, de ez a szám a munkába később bekapcsolódó kollégákkal úgy 50 körülire nőtt. Nagyon sokan voltak, akikkel valamilyen egyszeri alkalom keretében csak egyetlen egyszer találkoztam, őket nem tudnám összeszámlálni. Nagyon meglepő, hogy az említett kemény magból a legtöbben még ma is aktívak, és hála Istennek jó egészségnek örvendenek.

– Hogyan ítéled meg a változásokat, a fejlődést hazánkban az űrtevékenységben és az ahhoz kapcsolódó területeken az elmúlt két évtizedben?

– Benyomásom szerint a legfontosabb és legfeltűnőbb változás az, hogy az űrtevékenység népszerűbbé, ismertebbé vált. Amikor 1995-ben elkezdtük az együttműködést, akkor abban csak az a néhány csoport vett részt, amelyek már az Interkozmosz idején is dolgoztak. Úgy érzem, az elmúlt húsz évben felnőtt egy új generáció, akik beletanultak az űrtevékenységbe, a terület ismertsége ugrásszerűen megnőtt, népszerűvé és elterjedtebbé vált. Kezdetben az munka lé-

nyegében csak Budapestre szorítkozott, ma viszont már azt mondhatom, hogy szinte az egész országra kiterjed. Számomra ez tűnt a legjelentősebb, és egyben kifejezetten örömteli változásnak.

Emellett az úrszakmátok szervezettebbé vált. Kezdetben nem volt például úripari szervezetetek, most viszont már van. Ez nagyon jó, fontos lépés előre, mert az emberek közötti összhang és a szinergiák megteremtése végül mindig kedvező az ürtevékenység végeredménye szempontjából. Észrevehető a változás az oktatás területén is, ami húsz évvel ezelőtt kicsit különcségnak számított, az ma már benne van az egyetemek tananyagában.

Ha megengeded, itt tennék egy megjegyzést az ürtevékenységetek irányítását illetően is. Nem bíráltnak szánom, csak elmondom, hogy látom a helyzetet. A mi oldalunkról nézve sokszor nagy türelemre volt szükség, amikor a belső stabilitás hiányát láttuk Nálatok, de kénytelenek voltunk alkalmazkodni az országotokhoz. De láttuk, hogy ha nincs meg a határozott politikai akarat, akkor stabil irányítás sem jöhet létre. Ahhoz, hogy egy ország bekapcsolódjék az ürtevékenységbe, erős politikai akarat kell, és csak azután lehet a megfelelő irányításról beszélni. Persze a sok változásnak számomra volt egy pozitív hozadéka is, megismerkedhettem egy sor új helyszínnel, minisztériummal, emberrel. Mindezt tényleg nem bíráltnak szántam, de én így láttam a helyzetet.

Emellett meg kell említenem a nagy intézményekben, például a Tudományos Akadémiánál folyó állandó átszervezéseket. Ez rengeteg adminisztratív problémát okozott nekünk. Nem mondom, hogy nincs szükség változásokra, de jóból is megárt a sok, egy határon túl ez már nem segítség, hanem teher. Én legalábbis így éreztem a helyzetet.

– Hogyan látod a helyzetünket, az eredményeinket régióink többi országához képest?

– Azzal kezdeném, hogy nincs egyetlen modell, minden ország más. Különböző a történelmetek, a gondolkodásmódok, tehát bizonyos szempontból minden ország egyedi. Magyarország pedig még az egyediségében is különleges. Talán azért, mert más az oktatás, a történelem, a nyelv. Én Magyarországot mindig a legkülönlegesebbnek tartottam – a szó legjobb értelmében – a közép-kelet-európai országok között. Ennek fontos eleme a történelem, amit figyelembe kell venni, ha másokkal össze akarunk hasonlítani Titeket.

Ezt előre bocsátva azt kell mondanom, hogy az országotok legfontosabb jellegzetessége az volt, hogy lassabban, megfontoltabban haladtatok a többiekénél, akik inkább tolakodóak voltak. A többieknek jól meghatározott, sokszor önző céljaik voltak, amit el akartak érni.

Ti voltatok az egyetlenek a PECS történetében, akik két ötéves időszakot is végigdolgoztatok, amit semmiképp sem bírállok, sőt kitűnőnek tartok. Lassabban indultatok, de megpróbáltatok minél több tudást összegyűjteni és erősíteni a politikai akaratot. Márpedig az ESA-kapcsolataitok területén láttuk, hogy ez utóbbi egy bizonyos időszakban kissé gyenge volt, ezért aztán, belekezdtek valamibe, ami akkor nem sikerült.

Az, hogy lassan haladtatok, előnyös volt az ESA-kapcsolataitok szempontjából. Elismertséget tudtok szerezni magatoknak, mert volt húsz évetek rá, hogy ezt megtegyétek. Senki más nem tette ezt meg. Nem azért nem csináltátok meg öt év alatt, mert nem voltatok képesek rá, hanem azért, mert talán több időre volt szükségetek ahhoz, hogy eljussanak a politikusokhoz az üzeneteitek arról, hogy az ország érdeke a színvonalas úrkutatás. Ez időbe telt.

Személy szerint én sokkal többre értékelem azt, ha egy ország rászánja az időt arra, hogy jó kapcsolatokat építsen ki az ESA-val, mintha túl gyorsan halad, és azután rájön, hogy még nem tud eleget arról, mi is az ESA, és hogyan kell velünk együttműködni. Nem kell tehát szégyenkeznetek amiatt, hogy a csatlakozásokat ilyen sokáig tartott. Éppen ellenkezőleg. Azt hiszem, a történelem be fogja bizonyítani, hogy a hosszú felkészülési időt a magatok javára tudjátok fordítani.

Ha az ESA-ban szóba kerül Magyarország, akkor kiderül, hogy az ESA legtöbb munkatársa tud a magyarokkal folytatott együttműködésről, pontosan annak húsz éves története miatt. Több elismertséget szereztek magatoknak, mint mások, mert benne voltatok olyan küldetésekben, mint a Rosetta. Valaki azt mondta, hogy az ESA azon a napon vált ismertté Európában, amikor a Rosetta leszállt az üstököstre. Ennek a küldetésnek köszönhetően tudták meg az európai emberek, hogy nekünk is van egy űrügynökségünk. A történetek, az elnevezések és a jó PR munka szimpátiát keltett a küldetés, és azon keresztül az ESA iránt. Az, hogy ti részt vettetek ebben a nagy horderejű küldetésben, megalapozta az elismertségeket, ami más országokról nem mondható el.

Ebből a szempontból az általad húsz év alatt a Magyar Űrkutatósi Iroda vezetőjeként végzett munka most az utódod javára kamatozik. Ha az utódod az ESA munkatársaival tárgyal, nem ugyanaz a hozzáállás, mint egy kevésbé ismert ország esetében, amelyik rövidebb időt töltött a PECS-ben, és amelyiknek kevésbé ismertek az eredményei. Kollégáimat az ESA vezetésében kevésbé hatja meg, ha egy kevésbé ismert ország képviselője kér időpontot egy találkozóra.

– Ez csak a személyes véleményed, vagy az ESA irányításában dolgozó kollégáid szélesebb köre is hasonlóan vélekedik?

– Nyugodtan mondhatom, hogy ez az általános vélemény. Csak a legutóbbi esetet említem, amikor utódod találkozni akart az egyik igazgatónkkal, akkor azonnal megnyílt előtte az ajtaja. Más új tagországok esetében egyáltalán nem ez a helyzet. Számukra az ajtók csak félig nyílnak ki. Számotokra azonban teljesen, ami annak a tekintélynek köszönhető, amelyet Magyarország az elmúlt húsz év alatt kivívott magának, ami egészen egyedi helyzet. Ezt a tekintélyt bizonyítja az a tény is, hogy a legutóbb, a Nagykövetségeken rendezett szép csatlakozási ünnepségen nemcsak az új főigazgatónk vett részt személyesen, hanem ott volt az igazgatók többsége, és az ESA egy sor magas rangú munkatársa. Csak bámultam, milyen jó volt az ünnepségek fogadtatása. Más országok esetében az ESA lényegesen alacsonyabb szinten képviselteti magát. Ez is bizonyítja, milyen jó Magyarország megítélése az ESA-n belül. Ez a nagy különbség más országokhoz képest.

– Térjünk rá a legérdekesebb, közvetlenül az ESA-csatlakozásunkat érintő kérdésekre. A múlt megbeszélése után térjünk át a jelenre és a jövőre. Kicsit azonban még a múlthoz kapcsolódva arra lennék kíváncsi, véleményed szerint miért nem sikerült a csatlakozásunk 8 évvel ezelőtt, amikor először nekifutottunk?

– Szerintem ennek két összetevője volt. 2007-ben próbáltatok meg először csatlakozni az ESA-hoz, de akkor le kellett állítanotok ezt a folyamatot. Ennek a hivatalos oka a gazdasági válság volt. Senki sem tagadhatja, hogy ez valóságos és súlyos probléma volt mindenkinek. Én azonban azt hiszem, nem ez volt a valódi ok.

A gazdasági válság csak rávilágított egy másik problémára, nevezetesen arra, hogy – sajnálom, hogy ezt kell mondanom – abban az időben a politikai akarat nem volt elég erős ahhoz, hogy ezt a célt elérjétek. Gazdasági válság idején természetesen rangsorolni kell a legfontosabb feladatokat, és természetesen a legfontosabb az ország polgárainak jóléte. De mindamellett, azt hiszem, hogy ha meglelt volna a kellően erős politikai akarat, akkor a gazdasági válság ellenére folytathattátok volna az űrtevékenység területén a megkezdett utat. Akkor megértettétek volna ennek előnyeit, hogyan szolgálhatta volna ez a gazdasági érdekeiteket, és akkor folytathattátok volna a csatlakozást.

Az én nézőpontomból tehát a 2007-es gazdasági válság csak egy olyan tényező volt, amely rávilágított egy másik problémára, és pedig a politikai akarat hiányára. Ez erről a véleményem. Te is tudod, hogy amikor a gazdaság pörög, akkor az űrtevékenység nem okoz problémát. De ha végiggondoljátok, rájöttek volna, hogy az űrtevékenység olyan gyógyszerként lett volna használható, amely segíti a gyengélkedő gazdaság felépülését. Ehhez azonban olyan politiku-

sokra van szükség, akik megértik, hogy az ürtevékenység a gazdaságot segítő tényezők egyike, nem pedig fölösleges dolgokra kidobott pénz.

– A Magyarországról és az ürtevékenységről alkotott személyes véleményedhez hasonló kép alakult ki másokban is az ESA-n belül?

– Csak megerősíteni tudom azt, amit már korábban is mondtam. A legtöbben jól ismerik Magyarországot, még jobban, mint én magam. A PECS projektek jóváhagyásának eljárásrendje miatt rendszeresen ismertetnem kellett a projektjeiteket az ESA illetékes programbizottságaiban, így volt alkalmuk megismerni a munkátokat. Ráadásul nemcsak az ESA munkatársainak, hanem a tagállamok képviselőinek is. Ezért azt hiszem a rólatok alkotott kedvező kép nemcsak az ESA munkatársakra jellemző, hanem a szélesebb értelemben vett ESA közösségre, a tagállamokra is.

Egy dologban kissé kritikusabbak a vélemények, ez elsősorban az úripari hálózatotok bizonyos gyengeségét illeti. Magyarországra úgy tekintenek, mint amelynek az ipara egyes területeken erős, például az információtechnológiai szektorban, ugyanakkor összességében még nagy erőfeszítéseket kell tennetek, hogy több úr-hardvert készítsetek, erősebb legyen az ürtechnológia, erősödjének az úripari cégek, hogy képesek legyenek visszapályázni Magyarország tagállami hozzájárulását, és biztosak lehessetek abban, hogy akár 90%-os visszapályázási arányt is sikerül elérnetek. Bár elismerik a munkátokat, ezt azonban gyengeségeteknek tartják, ahol még fejlődniötök kell, növelni kell a cégek számát, hogy visszajöjjen a befizetésetek. Ez azonban nem csak magyar sajátosság, ez másutt is így van. Bizonyos lépéseket már meg is tettetek, például nálatok már létrejött az úripar szervezete. Ez is azt mutatja, hogy keresitek azokat a pontokat, ahol a cégek erősíthetik egymást. De ez az a terület, ahol a közeljövőben a leghatározottabban kell fejlődniötök, amiben a nemrég létrehozott felzárkóztatási munkacsoport fontos segítséget fog adni.

Azt megerősíthetem, hogy a hosszú felkészülési időszakotoknak köszönhetően Magyarország a legismertebb közép-kelet-európai ország az ESA-ban. Az ismertségeteknek köszönhető az elismertségetek is. Ebből a szempontból, amint már említettem, az utódod számára nagy könnyebbséget jelent az a munka, amit Te az elmúlt húsz év alatt elvégeztél. Számodra pedig jó érzés lehet, hogy van, aki be tudja takarítani ennek a sok munkának a gyümölcsét, így nem vész kárba az elvégzett munkátok.

– Lehetőséged volt arra, hogy az ürtevékenységünkön kívül is megismerd az országunkat. Hogyan látod az egyéb területeken az elmúlt évtizedek fejlődését?

– Úgy látom, most már a személyesebb jellegű kérdések felé haladunk. Amit az elmúlt két évtizedben Nálatok tapasztaltam, az másutt is jellemző. A kommunista rendszer kemény időszaka után az emberek hirtelen némi szabadságot éreztek. Úgy döntöttek, hogy az egyik irányba szavaznak. De nem tetszett nekik, amit kaptak, ezért legközelebb a másik irányba szavaztak. Annak az időszaknak az első felében, amiről beszélünk, a politikai inga lengését tapasztaltam. Most viszont azt látom, hogy egy stabilabb helyzet felé haladtok, még ha ezzel nem is mindenki ért egyet. Úgy érzem, egyre inkább a saját utatokat járjátok, és én azt gondolom, hogy ez így jó az országotoknak. Ezzel kapcsolatban azt tudom mondani – ez a persze csak a személyes véleményem –, hogy ne hagyjátok magatokat befolyásolni a Brüsszelből hallatszó hangok által. A helyes gondolkodás nem Brüsszel monopóliuma. Lehet, hogy ez egy svájci polgár véleménye, de én úgy gondolom, hogy a Ti országotokban megvan a bátorság, hogy kitűzzétek magatok számára az irányt, és azt kövessétek is. Bár az út mindkét oldalán vonyanak a farkasok, Ti csak járjátok a saját utatokat! Majd a történelem eldönti, hogy igazatok volt-e vagy sem. Azt hiszem, semmi sem lehetne rosszabb annál, mintha hagynátok magatokat befolyásolni a Titeket kritizálók által. Nagyra értékelem az országotokban, hogy azon kevesek közé tartoztok, akiknek van bátorságuk mindenki számára világosan és érthetően kimondani a véleményüket. Még akkor is, ha egyesek ezzel nem értenek egyet. De ez nem számít! Csak az a fontos, hogy végigmenjete a saját magatok számára kijelölt úton. Ebben a vonatkozásban ez a legjelentősebb változás, amit az utóbbi időben Nálatok tapasztaltam, és remélem, hogy ez a stabilitás tartós lesz.

– *Nagyon örülök, hogy ezt elmondtad. De mivel korábban abban egyeztünk meg, hogy (lehetőleg) kerüljük a politikát, én nem erre gondoltam, amikor a kérdésemet feltettem. Az úrkutatástól távolabb eső dolgokon egyszerűen csak hazánk tájaira, városaira gondoltam, helyekre, eseményekre, amelyeket itt megismertél.*

– Ez már nehezebb kérdés. Természetesen nagyon megszerettem Budapestet, mert ezt ismerem legjobban. De sok más szépség van az országotokban, a városok közül például Szeged, amelyik nagyon tetszett nekem. Ott a történelem és a népművészeti múltra támaszkodó kultúra találkozik egymással. Ez nagyon tetszett, mert ismerünk kell a gyökereinket, ha meg akarjuk érteni, hol vagyunk, és merre tartunk. Másodikként Pécs-et szeretném említeni, ez szintén nagyon szép város. Különlegese a hagyományok, a porcelángyár, megragadott a város légköre. Ha Magyarországra költöznék, és Budapesten kívül kellene élnem, akkor mindenképp délre mennék, Szegedet vagy Pécs-et választanám, ebben a sorrendben.

– *Akadtak negatív tapasztalataid is? Említenél ilyen is?*

– Nem mondanám negatívnak, inkább kevésbé kellemesnek. Ami a munkánkat illeti, azt említeném, hogy akadtak olyan témavezetők, akik számára a pénz fontosabb volt, mint maga a tudományos kutatás. De ne gondold, hogy ez csak a Ti országokra jellemző. Ez minden országban így van, ez emberi tulajdonság. A munkától eltekintve az egyetlen kellemetlen élményem, amikor a közelmúltban a kollégámmal áltrendőrök csapdájába estünk. Hála Istennek nem történt súlyos incidens, csak kisebb anyagi veszteség ért minket. De húsz év alatt ez volt az egyetlen ilyen eset, pedig elég sokat jártam gyalog az utcákon. Arra a kalandos utunkra is jól emlékszem, amikor a 90-es évek végén az akkori főnökömmel december elején jöttünk Magyarországra, ahol egyik napról a másikra rengeteg hó esett. Svájci-ként én nem ijedek meg a sok hótól, de akkor itt a város élete megbénult. A taxik sem közlekedtek, de az egyébként mindig kiváló budapesti tömegközlekedéssel, nem egyszerűen bár, de kijutottunk a repülőtérre.

– *Befejezésül beszéljünk egy kicsit a jövőről. Milyen tanácsokat adnál az ESA-ban újonc Magyarországnak? Meg tudnál fogalmazni valamilyen üzenetet a magyar űrkutató és űripari közösségnek?*

– Úgy gondolom, csakis a Ti eddigi eredményeitek alapján tudok tanácsot adni az űrkutató közösségeknek. Elég bölcssek voltatok ahhoz, hogy lépésről lépésre haladjatok. Megvolt bennetek a bátorság, hogy azt mondjátok, még nem álltok készen a következő lépésre, ezért belevágtok még egy PECS-periódusba. Ha valamilyen üzenetet meg tudok fogalmazni, akkor az csak az lehet, hogy ne legyetek túl ambiciózusak, haladjatok lépésről lépésre, és mindig győződjetek meg arról, hogy a következő lépések stabil alapokon nyugszik, és a jövőt segíti. Tisztázzátok magatokban, mi az, amivel a lehető legtöbbet kihozhatjátok az együttműködésből, minél többet vissza tudtok kapni a befizetésetekből. Az ESA nem olyan nemzetközi szervezet, mint az EU vagy a CERN. Az ESA csak akkor működik, ha Ti is, mint a többi ország, visszapályázzátok a befizetések 90%-át. Ehhez azonban némi előkészítő munkára szükség lesz. Ha adhatok egy tanácsot, haladjatok lassan, de biztosan. Készítsétek el a Nemzeti Űrstratégiátokat, határozzátok meg, mi az, ami fontos Nektek, melyik területeken járhat számotokra a legtöbb előnnyel az együttműködés. Nem lehettek mindenütt aktívak! Az ESA-nak túlságosan sok önkéntes programja van, válasszátok ki ezek közül a legígéretesebbeket! Vegyétek persze figyelembe azt a szellemi háttérrel, amely a rendelkezésekre áll. Rengeteg kiváló szakemberetek van (az ön-

kéntes programok területén) a földmegfigyelésben éppúgy, mint az űrélettanban és az anyagtudományokban. Biztosaknak kell lenniük abban, hogy ha valamelyik önkéntes programba pénzt tesztettek be, akkor azt a szakmai közösségek, amely már nagyon várja ezt a lehetőséget, azonnal fel tudja használni, vissza tudja pályázni a pénzt.



Az ESA-küldöttség tagjaként természetesen Bernard Zufferey is jelen volt az ESA-csatlakozási megállapodás aláírásán is (Művészetek Palotája, Budapest, 2015. február 24.). Az első sorban balról jobbra: Anabelle Fonseca (ESA Nemzetközi Kapcsolatok), Catherine Baudin (ESA Jogi Igazgatóság), Bernard Zufferey, valamint Szabó Viktor és Lóth Zsáklín, a Magyar Űrkutatási Iroda munkatársai. (Kép: MŰI)

– Most, amikor már végre múlt időben beszélhetünk az ESA csatlakozásunkról, megkérdezem a véleményedet, biztosan jó döntés volt-e csatlakoznunk, teljesíteni fogjuk-e az elvárásokat, és egyáltalán, van esélyünk, hogy érvényesüljünk az ESA-n belül?

– Természetesen, a belépés feltétlenül jó döntés volt. Az elmúlt két évtizedben rengeteg pénzt öltetek bele az együttműködés fenntartásába, bizonyos projektekbe. Ha most úgy döntöttetek volna, hogy nem folytatjátok az együttműködést, mindez a pénz és erőfeszítés veszendőbe ment volna. Nem volt tehát más választásotok, ha be akarjátok takarítani a húsz évig ápolt vetemény termését. Ha következők akartok maradni a húsz év óta követett stratégiátokhoz, akkor a csatlakozás volt az egyetlen logikus lépés.

Egészen biztos vagyok abban, hogy a többiekhez hasonlóan Ti is hamarosan integrálódtok a szervezetbe. Az elmúlt 4–5 évben teljes

jogú tagként vagy együttműködő államként egy sor új ország is érkezett az ESA-ba, néhány szomszédotok is. Megismerve ezeket az országokat, hidd el nekem, hogy Ti vagytok a messze legjobban felkészültek, Ti ismeritek legjobban, hogyan kell az ESA-ban dolgozni. Persze a teljes integrálódás egy kis időbe telik, de Nálatok okos emberek dolgoznak, gyorsan meg fogjátok találni a helyeteket az ESA-n belül. Biztos lehetsz abban is, hogy látni fogjátok a csatlakozás gazdasági előnyeit is, azt, hogy ha 1 eurót befektettek az ESA-ba, akkor közvetlenül vagy közvetett úton hamarosan 2–3, vagy akár 4 eurót is visszakaptok. Ezt kívánom Nektek, és meggyőződésemm, hogy ez így is lesz.

– Jövőre nyugdíjba mész. Milyen terveid vannak az elkövetkező évekre, évtizedekre? Tervezed-e, hogy később esetleg turistaként újra ellátogatsz Magyarországra?

– Legelőször rendeznem kell saját soraimat. Az elmúlt húsz évben Hollandiában éltem, a tenger szintje alatt, most visszaköltözöm a hazámba, a magas hegyek közé. Harminc évig éltem külföldön, ezért nem lesz egyszerű a hazatérés. Amikor hazaköltözöm, egészen mások lesznek az érzéseim, mint a honfitársaimnak, akiknek másképp alakult a sorsuk, mint az enyém. Bizonyos értelemben hontalannak fogom érezni magamat, ezért vissza kell majd integrálódnom a saját közösségembe, ami nem lesz egyszerű feladat. De ettől függetlenül, haza fogok térni, és újra megismerkedem azzal a környezettel, amelyben születtem. Miután megtaláltam a saját belső egyensúlyomat, és ha az egészségem is engedi, akkor újra elkezdek utazgatni. Természetesen Magyarországra is eljövök, magánemberként, mert kíváncsi vagyok, hogyan alakul az életetek, és szeretném megőrizni az itteni kapcsolataimat. A kérdésedre tehát határozottan „igen” a válaszom. Végül szeretnék Neked köszönetet mondani, mert az elmúlt húsz évben Te voltál az, akivel a legtöbbet együtt dolgoztunk, és Te voltál az egyetlen, aki vetted a fáradságot, hogy megmutasd nekem a hazádban az úrkutatáson túli világot is, a hétköznapi életet. Ezek a tapasztalataim tettek igazán gazdaggá. Most, amikor elbúcsúzom a munkámtól, rengeteg szép emléket őrzök az országokról.

– Nagyon köszönöm a kedves szavaidat, és azt, hogy a gondolataidat megosztottad velünk. Befejezésül az egész magyar úrkutató és úripári közösség nevében fejezem ki mindannyiunk köszönetét az irántunk tanúsított segítőkészségedért, szívélyes hozzáállásodért és a Tőled kapott sok segítségért. Nyugdíjas éveidre jó egészséget, sikeres beilleszkedést a hazai közösségedbe és a jövőre vonatkozó terveid megvalósulását kívánom.

A Magyar Asztronautikai Társaság 2015. évi tevékenysége Beszámoló

Szakmai kirándulások februárban

A MANT ebben az évben az első szakmai kirándulását 2015. február 20-ra, péntek délutáni programként szervezte a **TIT Budapesti Planetáriumába**. Elismert szakemberek, felnőttek és gyerekek, fiatalok és idősebbek voltak az érdeklődők. A házigazdánk Nyerges Gyula volt, aki általános tájékoztatót mondott el a planetáriumról, és bemutatta nekünk a körfolyosón található kiállítást.

A Planetárium épületét 1977. augusztus 17-én adták át, és az első műsort ugyanebben az évben, augusztus 20-án nézhette meg a nagyközönség. Az épület és a berendezések nagyjából változatlan formában vannak, és ez a jó állapotú Planetárium közel 40 éve várja a látogatókat. Alapvető célja csillagászati és űrkutatási ismereteket nyújtani az érdeklődők számára „színházi” módon.

A körfolyosón lévő kiállítás bemutatja a távoli galaxisok világát, a Naprendszer égitestjeit, az űrkutatás fontos állomásait, és azt, hogy hazánk milyen módon járult hozzá az űrkutatáshoz.

A kiállítás megtekintése után következett a planetáriumgép megismerése. A planetáriumi berendezés az égitestek, így a csillagok, a Nap, a Hold, valamint az öt fényes bolygó megjelenítésére szolgáló műszer, amelyet a planetárium átadása óta, lassan 40 éve üzemeltetnek. Ezzel az életkorral és üzemidővel ez a berendezés tiszteletet érdemel. A planetáriumgép a több mint félszáz kiegészítőeffektusvetítő és speciális vetítő segítségével a fehérre festett, közel 1000 m²-es félgömb alakú kupola belső felületére a valódi égbolthoz megtevesztésig hasonló minőségben kivetíti az égitesteket, valamint ezeknek Földről látszó mozgásait felgyorsítva. A műszert tetszőleges égboltra lehet beállítani, így megtekinthetjük az aktuális égboltot, de a planetáriumgép segítségével képesek lehetünk az időben előre és hátra utazni. Nemcsak időben, hanem térben is utazhatunk a segítségével. Megfigyelhetjük az égitestek mozgását úgy, mintha például az Egyenlítőn, az Északi- vagy a Déli-sarkon állnánk.

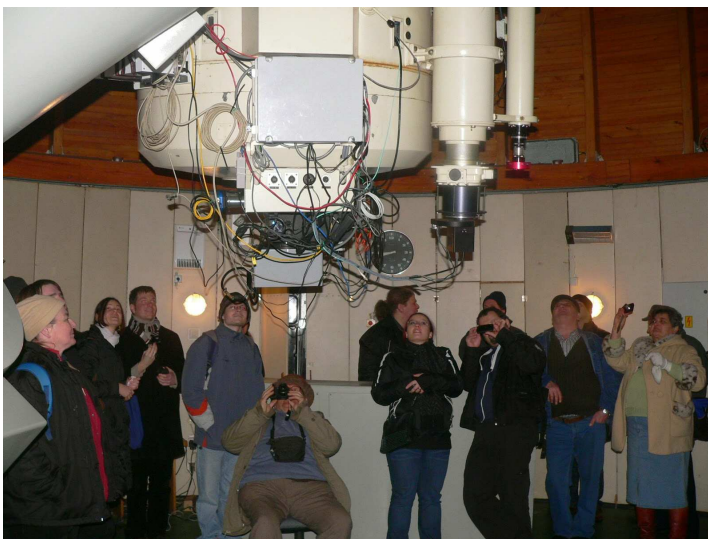
Ezután Az égbolt csodái című műsort néztük meg, amelyből megismerhettük a csillagjegyekhez tartozó csillagképek alakját és elhelyezkedését az égbolton. A szabad szemmel, vagy kisebb távcsővel megfigyelhető színes égi csodákat láthattuk lírai hangvétellű előadásban, kellemes zenei aláfestéssel.

* * * * *

Egész napos szakmai kirándulásunkat 2015. február 28-ra szerveztük az **MTA Piszkéstetői Observatóriumába**. Nagy volt az érdeklődés a program iránt, MANT tagok és más érdeklődők is kíváncsiak voltak Magyarország legnagyobb csillagászati obszervatóriumára. A helyszínre a MANT által szervezett autóbusszal utaztunk Budapestről. Piszkés-tetőn meglepetésünkre nyugodt téli világba csöppentünk, 0 °C-ot mutatott a hőmérő, felhőben voltunk, finoman esett a hó és összefüggő hótakaró volt.

Az obszervatóriumban Kriskovics Levente PhD hallgató és néhány munkatársa vezetett és tájékoztatott minket. Általános tájékoztatást kaptunk arról, hogy a Piszkéstetői Observatórium hazánk legnagyobb és legjobban felszerelt csillagászati megfigyelőhelye. Ezen a nagy múltú kutatóhelyen található az ország legnagyobb távcsöve, itt működik a Schmidt-teleszkóp, és további két kisebb távcső van.

A Piszkés-tető a Mátra hegység ötödik legmagasabb csúcsa, magassága 944 m. Hosszas vizsgálatok után 1958-ban kezdték meg itt az obszervatórium építését. Az obszervatórium végül 1960-ban jött létre, és az első vezetője Detre László volt, akinek az emlékére emlékkövet helyeztek el itt.



Ezután következett az obszervatórium területén levő építmények, teleszkópok, és az ott folyó tudományos munka ismertetése. A területen hat objektum van, az egyik a csillagvizsgáló lakóépülete, három kupolában és egy letolható tetejű épületben a távcsövek vannak, egy épületben pedig, sziklába mélyesztett aknában földrengésjelző műszereket helyeztek el.

A 60/90-es Schmidt-teleszkóp kupolája is elkészült 1961-re és az új távcső 1962-ben megkezdte működését. Akkoriban ez volt

az ország legnagyobb távcsöve. A Schmidt-teleszkóp kiemelt feladata volt távoli galaxisokban feltűnő szupernóvák felfedezése. A technika fejlődésével bevezették a digitális képrögzítést, amivel érzékenyebbé vált a Schmidt-távcső, de lecsökkentette annak kihasználható látómezejét. Így a kisbolygók felfedezésében, a csillagok keletkezésével kapcsolatos kutatásoknál, a csillaghalmazok vizsgálatánál lett szerepe a Schmidt-távcsőnek.

Pár évvel később beszereztek egy másik, kisebb, fényelektromos fotometriára alkalmas 50 cm átmérőjű Casseragin-távcsövet is, amit a Zeiss-művek szakemberei 1966 nyarán szereltek össze. Így elkezdődhettek az észlelések 1967-ben. A távcsővel egyedi csillagok fényességét mérték igen nagy pontossággal.

Hazánk legnagyobb távcsövét, a Ritchey–Chrétien–Coudé-távcsövet (RCC) 1974-ben adták át, főtükreinek átmérője 102 cm. A távcsövön a fényképezés mellett fotometriai mérések is folytak, amelyekkel egyedi csillagok fényességét lehetett megmérni igen nagy pontossággal. Az RCC-teleszkóp érdekessége a szerelése, mert a Föld forgástengelyével párhuzamos óratengelye két oszlopon van, a távcső pedig a tengely egyik oldalára van felfüggesztve. Ezen óratengely körül forgatja a távcsövet az órágép, amely biztosítja, hogy a beállított égitestek a látómezőben maradjanak. Ezt a távcsövet a közelmúltban a HEPENIX Kft. újította fel, amelyet Tóth József üzletfejlesztési igazgató képviselt a csoportunkban, és érdekes beszámolót tartott a munkálatokról, ami a teleszkóp teljes körű irányítástechnikai rekonstrukciója volt, benne a hajtások, mérőrendszerek és vezérlőrendszer felújításával és az emberi felügyelet nélküli távműködtetés lehetőségének kialakításával.

Az obszervatórium 2010-ben egy 40 cm-es Ritchey–Chrétien-rendszerű távcsővel is gazdagodott. Az obszervatórium tudományos tevékenységével kapcsolatban elmondható, hogy a kisbolygók és üstökösök kutatása nagyrészt Piskéstetőn zajlik.

(Reményi Judit, www.mant.hu)

H-SPACE 2015 konferencia

A BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar Egyesült Innovációs és Tudásközpontja – együttműködve MANT-tal – nemzetközi űrkutatási konferenciát szervezett. A 1st International Conference on Research, Technology and Education of Space (H-SPACE 2015) címmel, hagyományteremtő szándékkal megrendezett konferencia az űrkutatás és űrtevékenység tudományos, technológiai és oktatási kérdéseivel foglalkozott.

A konferencia időszerűségét hazánk ESA-csatlakozásából adódó bővülő lehetőségei, valamint ezzel párhuzamosan a Műegyetemen folyó űrtevékenységek közös megjelenésének igénye adta. Időpontjának megválasztásával a Műegyetemen elkészített első magyar műhold, a Masat-1 sikeres pályára állítására és missziójára emlékezünk.

A rendezvényt Dr. Solymár Károly Balázs helyettes államtitkár (Nemzeti Fejlesztési Minisztérium), Solymosi János elnök (MANT) és Dr. Vajta László dékán (BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar) nyitotta meg. A legelső szekcióban egy magyar és egy angol előadásra kerül sor. Horvai Ferenc (NFM Magyar Űrkutatási Iroda) a magyar űrtevékenység előtt álló lehetőségekről beszélt az ESA-csatlakozást követően. Tibor S. Balint előadása a NASA technológiai fejlesztéseinek problémáit mutatta be.

Ezt követően három szekcióban hangzottak el előadások, először angolul, majd magyar nyelven. A tudományos témákkal négy, technológiai kérdésekkel három előadás foglalkozott. A konferenciát hat előadás zárta az oktatás és ismeretterjesztés témakörében.

A H-SPACE 2015 konferencia előadásainak kivonatát a MANT jóvoltából a résztvevők nyomtatott kiadvány formájában kézhez kapták, de elektronikus változatban mindenki számára elérhető.

Tisztújító közgyűlés

A MANT május 22-én tartotta idei éves beszámoló és egyben tisztújító közgyűlését. A helyszín az ELTE TTK lágmányosi északi épülettömbje (0.79-es terem) volt. A 15 órára összehívott közgyűlés nem volt határozatképes, így azt – a meghívóban meghirdetett módon, a bevezető előadást követően – 16 órakor folytattuk. Ekkor már a megjelentek létszámára való tekintet nélkül határozatképes volt a közgyűlés. Napirend előtt Szabó József tartott előadást a Voyager űrszondák pályájáról.

A közgyűlés napirendjén szerepelt az előző, 2014-es évről szóló beszámoló, amit Bacsárdi László főtitkár ismertetett. (A tagság a tárgyalat beszámolók szövegét előzetesen elolvashatta honlapunkon.) Röviden kitért a 2015 eleje óta történt eseményekre is, amelyek a tavalyi beszámolóba már nem kerülhettek bele. A beszámolókat – köztük a 2014. évi gazdasági beszámolót, a közhasznúsági jelentést és az Ellenőrző Bizottság beszámolóját – a közgyűlés egyszerre, egyhangúlag elfogadta.

A közgyűlésen átadtuk a MANT idei díjait. 2015-ben tiszteleti tag lett életművéért Horváth András, aki korábban a MANT elnöki és alelnöki tisztét is betöltötte. Fonó Albert-díjat kapott Mika János, a

műholdas meteorológia területén végzett tudományos munkájáért, a MANT érdekében sok éven át kifejtett tevékenységért. Nagy Ernő-díjban részesült Hudoba György, fejlesztő és szervező tevékenységének elismeréseként. „A Magyar Asztronautikai Társaságért” oklevelet Székely Anna Krisztina kapta, a MANT érdekében végzett tevékenységéért.



A közgyűlés megtárgyalta és elfogadta a MANT 2015-es költségvetésének tervezetét. A tisztújítást követően újabb 3 éves ciklusra a MANT elnöke lett Solymosi János, főtitkára Bacsárdi László. Rajtuk kívül 3 alelnököt (Both Előd, Frey Sándor, Sik András) és 3 főtitkár-helyettest (Kocsis Gábor, Hirn Attila, Kereszturi Ákos), 10 elnökségi tagot (Apáthy István, Bérczi Szaniszló, Erdős Géza, Horvai Ferenc, Milánkovich Dorottya, Tari Fruzsina, Trupka Zoltán, Vizi Pál Gábor, Zábori Balázs, Zombori Ottó), valamint az Ellenőrző Bizottság elnökét (Mihálka György) és két tagját (Kálmán Béla, Tátrallyay Mariella) választották meg a MANT jelenlévő tagjai.

A tisztújítás miatt szükségessé vált még az alapszabály módosítása, hiszen abban az új tisztségviselőket fel kell sorolni. Az alapszabály módosítását a Fővárosi Törvényszék július 3-án kelt végzésével elfogadta.

Sikeres Űrkutatási Fórum Sopronban

Új név, megújuló és kibővített tartalom, a hagyományok megtartása – ezekkel a szavakkal lehet a legtalálókban jellemezni a május 7–9. között Sopronban megrendezett konferenciát. A MANT és az MTA CSFK GGI közös kezdeményezésére, a Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti

Kar társszervezésével került sor a Magyar Űrkutatási Fórum 2015 konferenciára. A rendezvény kiemelt szakmai és anyagi támogatója a SES Astra, a világ vezető műholdas távközlési vállalata volt.

A legrégibb hagyományokkal rendelkező hazai űrkutatási szakmai rendezvény idén új nevet kapott. Az Ionoszféra- és Magnetoszféra-fizikai Szemináriumok sorozatában ez már a 29. alkalom volt, de az előadások és poszterbemutatók által felölelt témakörök bővültek. A név és a tartalom megújításának célja az volt, hogy minél szélesebb körű bemutatkozási lehetőséget teremtsünk a magyar űrkutatás és az űripár szereplői számára, továbbá az egyetemistákat és a doktoranduszokat még jobban bevonják a kutatómunkába. Magyarországon ebben az évben válik az Európai Űrügynökség (ESA) teljes jogú tagjává. A fórum hozzájárult a meglévő szakmai kapcsolatok erősítéséhez, új együttműködések kialakításához, az ESA-tagsággal össze-függő feladatok támogatásához, és elősegítheti az eredményes pályázati tevékenységet.

A rendezvény helyszíne az MTA CSFK GGI épülete volt. A Magyar Űrkutatási Fórumot Török Ádám, az MTA főtitkára nyitotta meg. A konferencián összesen 26 plenáris szóbeli előadásra és 22 poszterelőadásra került sor. Nagy hangsúlyt kapott a poszterszekció, a poszterek a konferencia teljes időtartama alatt megtekinthetők voltak, négy időblokkban pedig rövid, 1 perces szóbeli tartalmi összefoglalóknak is időt szorítottak a programban.

A plenáris előadások többek közt az űrfizika, napfizika, geofizika, légkörfizika, meteorológia, ürgeodézia, űrszillagászat, planetológia témáit érintették. A résztvevők tájékozódhattak ESA-csatlakozásunk folyamatának állásáról, az előttünk álló feladatokról. Alkalom nyílt az űrkutatáshoz, űrtevékenységhez kapcsolódó tudományterületeken, műszaki fejlesztésekben elért hazai eredmények bemutatására, megvitatására.

(www.urvilag.hu)

Egy nap műholdak nélkül – diákpályázatunk eredménye

A MANT évente hirdeti meg ifjúsági pályázatát, melyre általános és középiskolás diákok jelentkezhetnek. A pályázat kiemelt célja az űrtevékenység népszerűsítése a fiatalok körében. A 2014/2015-ös pályázat témája Egy nap műholdak nélkül volt. A pályázók négy műfajban adhatták be műveiket: írhattak esszét; rajzolhattak vagy grafikát, posztert készíthettek; Facebook-oldalt, weboldalt vagy blogot készíthettek; vagy videót is készíthettek az adott témában. A 2014 októberében meghirdetett ifjúsági pályázat pályamunkáinak beadási határideje 2015. február 20. volt. A MANT öt kategóriában

várta a pályamunkákat: a 11–14 éves, valamint a 15–18 éves korosztályból egyaránt jelentkezhetnek egyéni vagy csapat kategóriában a diákok, emellett idén is meghirdettük a látássérült kategóriát.

Május 9-én a Millenáris D csarnokában rendezték a Felfedezők Napját. Az egész napos tudománynépszerűsítő rendezvényen, a MANT standján játékos kérdésekkel, ajándékokkal, a fiataloknak szóló úrtábori részvételi kedvezménnyel kedveskedtünk a látogatóknak. Diák pályázatunk ünnepélyes eredményhirdetését is itt tartottuk. A díjakat a színpadon a MANT részéről Sik András főtítkárhelyettes adta át.



A legjobb helyezést elért diákok oklevél mellett könyvjutalomban részesültek, illetve az idősebb korosztály helyezettjei a MANT nyári Úrtáborában való ingyenes, illetve kedvezményes részvételt nyerték. Emellett minden helyezett meghívást kapott egy úrtevékenységgel foglalkozó hazai intézménybe szervezett szakmai kirándulásra is, amire ősszel került sor.

A pályázat eredménye:

11-14 éves korcsoport, egyéni indulók:

nem adtunk ki díjakat

11-14 éves korcsoport, csapatok:

1. hely: Kiss Regina, Tóth Fanni, Csóka Benedek, Balaskó Dominik
Széchenyi István Gimnázium, Sopron

felkészítő: Lang Ágota

15-18 éves korcsoport, egyéni indulók:

1. hely: Szilasi Estilla

Alternatív Közgazdasági Gimnázium, Budapest

felkészítő: Vincze Mihály

2. hely: Medvegy Anna

Budaörsi Illyés Gyula Gimnázium, Budaörs

3. hely: Kmetty Beatrix

Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnázium, Pécs

felkészítő: Kmettyné Győri Szilvia

15-18 éves korcsoport, csapatok:

1. hely: Agócs Henrietta-Viktória, Horváth János

Elméleti Liceum, Margitta, Románia

Drohobeczký Orsolya, János Zsigmond Unitárius Kollégium, Kolozsvár

felkészítő: Bondár Piroska

2. hely: Bagdán Zsófia, Siska Ildikó, Juhász Marietta

Eszterházy Károly Főiskola Gyakorló Általános, Közép-, Alapfokú Művészeti Iskola, Eger

felkészítők: Bulla Márta, Nyerges Adrienn

3. hely: Almási Anna Luca, Pásztor Zsófia, Maruzs Nikoletta

Eszterházy Károly Főiskola Gyakorló Általános, Közép-, Alapfokú Művészeti Iskola, Eger

felkészítők: Bulla Márta, Nyerges Adrienn

Úrtábor Sopronban

A MANT Úrtábort 2015. július 12–18. között (vasárnaptól szombatig) Sopronban tartottunk, a Nyugat-magyarországi Egyetemen (Nyme). A táborban 36 diák vett részt, az ország számos települése mellett Erdélyből, Kárpátaljáról és Olaszországból is érkeztek táborozóink.

Az Úrtábor résztvevőit vasárnap este Zombori Ottó és Bacsárdi László köszöntötte, a tábor szakmai előadásblokkjait hétfő délután Alpár Tibor, az Nyme Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar dékánja nyitotta meg. A szakmai előadások mellett élménydús programokon vehettek részt táborozóink: kedden az MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézetben tettünk látogatást, szerdán Bécsben kirándultunk, a látogatás során felkerestük az ENSZ bécsi központját is, ahol Takao Doi japán űrhajós fogadta táborlakóinkat, és az épületben látható űrkutatási kiállításnál beszélt az űrben töltött élményeiről. A különleges élmény lehetőségét Both Előd, a MANT alelnöke biztosította csapatunk számára, aki az ENSZ Világ-űrbizottság Tudományos és Technikai Albizottságának az elnöke.



A MANT Űrtábora csütörtökön Brennbergbánya környékén kirándult. GPS-készülékekkel felszerelve elrejtett ládákat kerestünk az egykori bányaaknák környékén, pénteken pedig a Fertő partján strandoltunk. Hétfő délelőtt Simon István alpolgármester úr fogadta a táborunkat a soproni Városházán, péntek délelőtt pedig a Széchenyi István Gimnázium látott minket vendégül. A péntek esti táborzárón minden diák azt mondta, hogy felejthetetlen élményekkel gazdagodtak a Sopronban töltött napok során.

Az esemény fő támogatója a SES Astra, a világ vezető műholdas távközlési vállalata volt, a házigazda szerepét pedig az NymE Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar töltötte be. A táborozók számára a szállást és az étkezést az Universitas Fidelissima Kft. biztosította.

A táborról beszámolt a soproni sajtó, a helyi rádió és televízió, sőt a MANT Űrtábora bejelentkezett az országos közszolgálati M1 televízió adásában, csütörtökön (16-án) délután fél négy után.

(www.mant.hu)

Fiatalok ajánlása – Űrakadémia Gödöllőn

A MANT – együttműködve a fiatal űrszakembereket képviselő nemzetközi Space Generation Advisory Council (SGAC) szervezettel – idén nyáron először rendezte meg a MANT Űrakadémiát. A 2015. augusztus 6–9. közötti, négy napos rendezvényen 28 fő vett részt, akik a legkülönbözőbb szakterületekről érkeztek: a bölcsészettől a biofizikán át a csillagászaton keresztül a mérnöki területekig bezárólag. A Szent István Egyetem Kollégiumában tartott programon a legfiatalabb résztvevő 18, a legidősebb 35 éves volt: leendő egyetemi

hallgatók, jelenleg egyetemisták, doktoranduszok, frissen végzett szakemberek, valamint az iparban már egy ideje dolgozó fiatalok. Különös aktualitást adott az Űrakadémiának, hogy hazánk ebben az évben válik az Európai Űrügynökség (ESA) teljes jogú tagjává. A szervezethez való csatlakozással egy sor korábban nem látott lehetőség nyílik meg a hazai űripár, űrkutatás és az alkalmazások területén. Ezek kihasználásában az elkövetkező években-évtizedekben a mostani fiatal szakemberek meghatározó szerepet fognak majd játszani.



A csütörtök délutántól vasárnap délig tartó MANT Űrakadémia programja meglehetősen intenzív volt. A rendezvény résztvevői ugyanis egy közös ajánlást fogalmaztak meg Magyarország számára, hogy az ESA önkéntes programjai közül melyekhez lenne érdemes csatlakoznia hazánknak. A résztvevők az ajánlásukat három részre bontva dolgozták ki, három különböző hozzájárulási összeghez alkalmazkodva. A csoportokban zajló munkát segitendő a rendezvényen áttekintő jellegű előadások hangoztak el hazai szakértőktől, akik egy-egy önkéntes program fontosságára világítottak rá. A rendezvényen elhangzott előadások témakörei: Az Európai Űrügynökség programjai; Kommunikáció és integrált alkalmazások; Űralkalmazások – földmegfigyelés; Mikrogravitációs környezet: anyagtudomány; Helymeghatározás és navigáció; Kutatás és ESA – a Prodex program; Alap kutatások – űrcsillagászat; A Mars-kutató keringőegységek adatainak feldolgozása és értelmezése; Nemzetközi lehetőségek; Hogyan adjuk el projektötletünket?



Az Űrakadémián megszületett ajánlást a rendezvény résztvevői közül kiválasztott fiatalok fogják ismertetni Magyar Űrkutatási Tanács ülésén, az összeállított dokumentum pedig elérhető lesz a MANT honlapján és meg fog jelenni a jövő évi Űrtan Évkönyvben.

A nyári Űrakadémiával a MANT hagyományt szeretne teremteni, hogy létrejöjjön egy olyan szakmai fórum, amely a hazai űrszektor jövőjének meghatározó szereplőit ismerteti meg egymással és egymás szakterületeivel – a további sikeres közös munka, együttműködés érdekében.

(www.mant.hu)

Űrkutatás Napja 2015

A MANT ebben az évben Budapesten, az Óbudai Egyetem Tavaszmező utcai G épületében tartotta az Űrkutatás Napja című hagyományos ismeretterjesztő rendezvényét. Délután 3-ra szép számú érdeklődő gyűlt össze, még ha a nagy előadóteremben maradt is néhány üres hely. A megjelenteket a vendéglátó intézmény, az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karának kutatási dékánhelyettese, Maros Dóra köszöntötte. Utána a szervező MANT elnöke, Solymosi János, és a társszervező BME Űrfórum nevében Kovács Kálmán üdvözölte néhány mondatban a résztvevőket. Az első előadást Tari Fruzsina, a Nemzeti Fejlesztési Minisztériumban működő Magyar Űrkutatási Iroda vezetője tartotta. Mondanivalójának aktualitása, hogy Magyarország idén lép az ESA teljes jogú tagjainak sorába. A belépésünk ratifikációjához szükséges törvénymódosító javaslatokat épp az elkövetkező hetekben tárgyalja az Országgyűlés.

Nem késlekedve, a parlamenti jóváhagyást mintegy megelőlegezve, szeptemberben már meg is jelent az a folyamatosan nyitva álló pályázati felhívás, amelynek elsődleges célja a magyar űripar felzárkóztatása az ESA programjaiban való részvétel lehetőségével. Az ESA hivatalos pályázati rendszerében (EMITS) regisztrált intézmények és cégek már olvashatják a kiírást és elkezdhetik a pályázati anyagaik összeállítását. Az első pályázatok beadási határideje november 4-e, amikor már minden számítás szerint végleges lesz a tagságunk a szervezetben. A pályázati kiírást egy magyar és ESA delegáltakból álló, júniusban alakult felzárkóztatási munkacsoport készítette elő. Mint ismeretes, új tagországgént az első hat évben a magyar tagdíj jelentős – évente csökkenő arányú – részét magyar vállalatok és intézmények pályázhatják „vissza” az ESA-tól.

Az Űrkutatás Napja második előadása is kapcsolódott az ESA-hoz és a magyar részvételhez. A 2015-ös év egyik Űrkutatási „sztárja” kétségtelenül a fontos magyar közreműködéssel készült európai

Rosetta üstököskutató űrszonda, amely a 67P/Csurjumov–Geraszi-menko-üstökös körül dolgozik, Philae nevű leszállóegysége pedig eljutott az üstökösmag felszínére. Tóth Imre (MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet) vállalkozott a szinte lehetetlen feladatra, hogy 20 percen összefoglalja a Rosetta és a Philae legérdekesebb eredményeit. Nem is sikerült neki – legalábbis 20 percen nem. A hallgatóság azonban nem bánta a hosszabbítást, hiszen rengeteg érdekes kép és tudományos eredmény – köztük alig néhány naposak, mint például az, hogy a 67P üstökös kettős, gumikacsára emlékeztető alakú magja két külön égitest összetapadásával keletkezhetett – szerepelt a lendületes előadásban.

A következő előadó Both Előd, a MANT alelnöke volt. Ő a másik idei űrkutatási szenzációról, az amerikai New Horizons szonda Plútó melletti elrepüléséről, az első eredményekről beszélt. Megismerhetjük a Plútó felfedezésének és földi eszközökkel való kutatásának nem is olyan hosszú történetét, majd a New Horizons útját. Bár a nagy távolság és a lassú adatátvitel miatt a Plútóról és holdrendszeréről gyűjtött adatok és képek még jó ideig érkeznek majd a Földre, az előadás második felében az eddig nyilvánosságra hozott legérdekesebb képeket is láthattuk.

Az Űrkutatás Napja szakmai partnere és támogatója idén is a SES Astra, a világ vezető műholdas távközlési vállalata volt. Már a rendezvény előtt és a kávészünetben is nagy sikere volt az Astra szencsekeréknek. A különféle játékos tesztek kitöltői aztán érdekes ajándékokat nyerhettek.



A szünet után Grenerczy Gyula (FÖMI Kozmikus Geodéziai Obszervatórium) beszélt a hazai űrgeodéziai mozgásvizsgálatok eredményeiről. A GPS technika nagy pontosságú alkalmazásával már az 1990-es évek legelején megkezdődött egy hazai, majd nem sokkal később a közép-európai régióra is kiterjesztett mozgásvizsgálati program. Bár hazánk területén a tektonikus mozgások (szerencsére) nem nagyok, több évtizedes precíz mérésekkel sikerült kimutatni egy kb. 1,5 mm/év sebességű, nyugat-keleti irányú összenyomódást. Egy világviszonylatban is egyedülálló eredmény volt 2011-ben, amikor a Föld „túloldalán”, Japánban bekövetkezett 9-es magnitúdójú földrengés keltette földkéreg-deformációkat a magyarországi permanens GPS állomáshálózat mérései alapján meg tudták mérni.

Az Űrkutatás Napja második nagy programblokkjában a fiatal generáció foglalta el a pódiumot. Elsőként Farkas Péter (FÖMI Kozmikus Geodéziai Obszervatórium) tartott előadást a műholdradar-interferometriáról, a technika alkalmazási területeiről, és az európai Copernicus program tavaly óta működő első műholdjáról, a Sentinel-1A-ról. A programban gyűlő adatok bárki számára szabadon hozzáférhetők, ami magában hordozza a majdani hosszabb időskálájú vizsgálatok lehetőségét. Már az eddigi adatok segítségével is ki lehet mutatni olyan jelenségeket, mint az előadásban példaként szereplő nepáli földrengés hatására bekövetkezett felszíni elmozdulások.

Bacsárdi László, a MANT főtítkára röviden felvillantotta az űrkutatással, annak népszerűsítésével foglalkozó civil szervezet kínálatát programokat, rendezvényeket. Külön kiemelte a középiskolás korosztálynak szervezett Űrtábort és az idén először a 18–35 év közötti egyetemi hallgatóknak és fiatal szakembereknek rendezett Űrakadémiát. Ehhez a témához kapcsolódott Milánkovich Dorottya előadása, aki Bacsárdi Lászlóval együtt képviseli hazánkat az „űrgeneráció” nemzetközi szervezetében (SGAC). A MANT és az SGAC tavaly együttműködési megállapodást is kötött, itthon ennek jegyében született például a nyári Űrakadémia vagy a kéthavonta megrendezett, egyre népszerűbb Űrakadémia Klub előadásai. Az SGAC szervezete nyitott az érdeklődő, az űrtevékenységben aktív magyar fiatalok számára is.

Az utolsó felvonásban az Űrkutatás Napja visszakanyarodott oda, ahonnan az első előadással indult: Magyarország ESA-csatlakozásához. Az augusztusban megrendezett MANT Űrakadémia résztvevőinek két képviselője, Arnócz István és Berényi Kitti ismertette, hogy a fiatal szakemberek milyen ajánlást dolgoztak ki a hazai döntéshozók számára arról, hogy az ESA önkéntes programjai közül melyekhez lenne érdemes hazánknak csatlakoznia. Pontosabban magának az ajánlásnak a tartalmát még nem hozták nyilvánosságra.

ra, hiszen azt előbb a Magyar Űrkutatási Tanács és az Űrkutatási Tudományos Tanács tagjai elé szeretnék terjeszteni megvitatásra, várhatóan november folyamán. De azt megtudhattuk, hogy az ESA milyen önkéntes programokkal rendelkezik, s az azokhoz befizetéseikkel hozzájáruló tagállamok milyen előnyöket várhatnak a részvételtől.

A MANT az 1990-es évek közepe óta szervezte meg – a Magyar Űrkutatási Irodával közösen – az Űrnap című rendezvényt. Ez 2013 óta az Űrkutatás Napja címet viseli, és nem csak a szakma képviselői, de a nagyközönség számára is érdekes programot kínál. A 2015-ös Űrkutatás Napja egyúttal az ENSZ által létrehozott, az Űrkutatás eredményeit, a tudomány és technológia alkalmazásait ünneplő Nemzetközi Világűrhét (2015. október 4–10.) eseményeihez is kapcsolódott. Az Űrkutatás Napja megrendezését idén a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium is támogatta.

(www.urvilag.hu)

Kitüntetések

Széchenyi-díj három magyar Űrkutatónak. Magyarország köztársasági elnöke – a Kormány előterjesztésére – a Széchenyi-díjat megosztva adományozta az Űrkutatás világtörténetében egyedülálló magyar mérnöki teljesítmény, az Európai Űrügynökség Rosetta űrszondája leszállóegységén megépült műszerek elkészítése során végzett, kiemelkedő munkájuk elismeréseként **Apáthy István**, állami díjas villamosmérnök, a Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpontjának külső műszaki szakértője (a MANT elnökségi tagja), **Balázs András**, a Magyar Tudományos Akadémia Wigner Fizikai Kutatóközpontjának tudományos munkatársa, valamint **dr. Bánfalvi Antal**, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszékének egyetemi doktora részére.

Április 14-én az űrhajózás napja alkalmából a Nemzeti Fejlesztési Minisztériumban Solymár Károly Balázs infokommunikációért felelős helyettes államtitkár adott át kitüntetésekét. A 2003-ban alapított Bay Zoltán-díjat idén **dr. Both Előd** csillagász, a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium nyugalmazott főtanácsadója (a MANT alelnöke) kapta. Méltatásában a helyettes államtitkár hangsúlyozta: az Űrkutatási Iroda korábbi vezetőjének jelentős szerepe volt abban, hogy Magyarország számos európai űrprogramba – így a Rosetta projektbe is – bekapcsolódhatott. Both Előd munkásságával komoly ösztönzést adott az űrtechnológiával foglalkozó hazai kis- és középvállalkozásoknak, így ezen a területen is elindulhattunk az európai

versenyképesség útján. Solymár Károly Balázs a sikeres közös munka megkoronázásaként értékelte, hogy hazánk 2015 februárjában aláírta a csatlakozási megállapodást az Európai Űrügynökséggel.

A nemzeti fejlesztési miniszter Magyar Űrkutatásért Érdemérmet adományozott **Horváth Gyulának**, az első magyar műhold, a Masat-1 küldetési projektvezetőjének, és Miniszteri Elismerő Oklevelet **Czifra Dávid, Kovács Zoltán** és **Marosy Gábor** vezető fejlesztőknek.

Április 29-én Hevesi Endre-díjat kapott **dr. Frey Sándor**, a MANT alelnöke, tudományos ismeretterjesztő tevékenységéért, az Űrvilág hírportál főszerkesztőjeként végzett munkájáért.

Július 1-jén, a Közzolgálati Tisztviselők Napján **Horvai Ferenc**, a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium vezető tanácsosa (a MANT elnökségi tagja) miniszteri elismerő oklevelet és emlékérmét kapott, kimagasló szakmai tevékenysége elismeréseként.

December 4-én társaságunk főttkára, a Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Karának docense, **dr. Bacsárdi László** a Magyar Tudományos Akadémia Veszprémi Területi Bizottsága (VEAB) Kiemelkedő Ifjú Kutatója díjat vehette át, a kvantuminformatikai alapú műholdas kommunikációval kapcsolatos kutatómunkájáért.

Táguló határok



A magyar űrkutatás kezdeteit bemutató könyv, a *Tudomány születik* 2014-ben jelent meg. Tíz interjú a hőskorról, tíz ember, aki nemcsak tanúja, de aktív alakítója is volt a megszülető új területnek. A könyv sikere bebizonyította, hogy az űrkutatásról szóló, személyes hangú beszámolók nemcsak fontos forrásmunkák a jövő tudománytörténészei számára, hanem egyúttal érdekes, a korszakra nagyon jellemző olvasmányok is.

A *Táguló határok* ennek a munkának a folytatása. Az 1970-es és 1980-as évek izgalmas és tanulságos időszak volt a magyar űrkutatás és általában az űrtévékenység számára. Magyar űrhajós járt

a világűrben, új kutatási területek születtek, és az egyre távolabbi célok felé induló űrszondák magyar kutatók műszereit is magukkal vitték. Kitágult a látóhatárunk, és az új témákkal új szereplők jelentek meg. Ebben a kötetben tizenöten mesélnek életükről, kutatásairól, eredményeikről. A velük készült interjúk remélhetőleg hűségesen és érdekesen adják vissza e korszak történéseit és hangulatát.

Hosszú folyamat eredményeként 2015-ben hazánk hivatalosan is az Európai Űrügynökség (ESA) tagjává vált. A legrégebbi hazai űrkutatási társadalmi szervezetként fontos feladatunknak tartjuk, hogy az 1957-ben kezdődött űrkorszak hazai kapcsolódási pontjait felkutassuk, meghatározó szereplőit bemutassuk. E gondolat szellemében jelentettük meg 2014-ben a *Tudomány születik* című könyvet, amelynek szerves folytatása a mostani kötet, amely a 70-es és 80-as évek azon meghatározó magyar szereplőire fókuszál, akik Magyarországon dolgoztak, és ma is köztünk élnek. Az emberes űrepüléstől a helymeghatározó rendszereken és a különböző űrszondás programokon át az anyagtudományokig számos terület szakértőivel beszélget Elek László. A személyes hangvétellő interjúk bemutatják, hogyan feszegették az ismeretlen határait a hazai űrkutatók. A beszélgetésekből kirajzolódó történetek mára történelmünk szerves részét képezik – itt az idő, hogy megismerjük!

A könyv beszerezhető a Magyar Asztronautikai Társaságnál.

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó.....	3
Válogatás az űrkutatás 2015-ös eseményeiből	4
REMRED rakétakísérlet a kozmikus sugárzás és az űridőjárás hatásainak tanulmányozására.....	47
Űrdozimetriai kutatások magyar részvétellel	57
Magyar fedélzeti számítógép a Philae leszállóegység felébredése mögött	65
Ősi bolygórendszerek és mega-Föld a Kepler-mezőben	75
„Gyorsan meg fogjátok találni a helyeteket az ESA-ban”	83
A Magyar Asztronautikai Társaság 2015. évi tevékenysége – beszámolók.....	96
Szakmai kirándulások februárban	96
A H-SPACE 2015 konferencia	98
Tisztújító közgyűlés	99
Sikeres Űrkutatási Fórum Sopronban	100
Egy nap műholdak nélkül – diákpályázatunk eredménye	101
Űrtábor Sopronban	103
Fiatalok ajánlása – Űrakadémia Gödöllőn.....	104
Űrkutatás Napja 2015	106
Kitüntetések.....	109
Táguló határok.....	111



*Ifjú érdeklődők a MANT standjánál, a Felfedezők Napja című tudománynépszerűsítő rendezvényen (Millenáris D csarnok, Budapest, 2015. május 9.)
Fotó: Spányi Péter (fent) és Trupka Zoltán (lent)*



A hátsó borítón a 2015. évi MANT Űrtábor (Sopron, július 12–18.) résztvevői az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ) bécsi központjába tett kirándulásukkor, amint Takao Doi japán űrhajós, az ENSZ Világűriroda (UN OOSA) munkatársa előadását hallgatják. (Fotó: Both Előd)

