

ŰRTAN ÉVKÖNYV 2016



Az Asztronautikai Tájékoztató 68. száma

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság



Az Űrkutatás Napja rendezvény (2016. október 21.) közönsége az Óbudai Egyetem Tavaszmező utcai épületének előadótermében. Ezen a napon ünnepélyesen megemlékeztünk a MANT megalakulásának 30 éves évfordulójáról is. (Fotó: Trupka Zoltán)

A címlapon a NASA Juno űrszondája 2016 júliusában érkezett meg a Jupiterhez és állt pályára az óriásbolygó körül. A kép a Jupiter déli pólusvidékén a légköri örvényeket mutatja. A megfigyelés a JunoCam műszerrel mintegy 100 ezer km-es magasságból, 2017. február 2-án készült.

(Kép: NASA / JPL-Caltech / SwRI / MSSS, feldolgozás: John Landino)

Űrtan Évkönyv 2016

Az Asztronautikai Tájékoztató 68. száma

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság



Űrtan Évkönyv 2016

Az Asztronautikai Tájékoztató 68. 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, 2017

Felelős kiadó: Dr. Bacsárdi László főtítkár

Kézirat gyanánt

HU ISSN 1788-7771

Készült 300 példányban

Előszó

Ismét eltelt egy év, megjelent a Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) Űrtan Évkönyvének 2016-os kötete. A kiadvány egyúttal az egykor Asztronautikai Tájékoztató címmel indult sorozatnak a 68. száma. A könyv megjelentetését idén is a Nemzeti Fejlesztési Minisztériumtól (NFM) kapott támogatás tette lehetővé.

A 2016-ban történt – most a legfontosabbnak, legérdekesebbnek tűnő – eseményeket szokás szerint a kötet első részében foglaltuk össze. Tekintettel a kínai űrkutatás „nagy évére”, ezúttal külön cikket szenteltünk az ázsiai országban történeteknek. Izgalmas lesz öt, tíz, vagy még több év múlva újraolvasni és megítélni, valóban hosszabb távon is maradandónak bizonyulnak-e az itt felsorolt eredmények és emlékezetesnek-e az események. Ezt a fajta kísérletet alkalmasint olvasóink már most, az Asztronautikai Tájékoztató, vagy az Űrtan Évkönyv régebbi köteteinek újbóli átolvasásával maguk is elvégezhetik. (Emlékeztetőül: az Évkönyv korábbi számai immár 10 évre visszamenően a MANT honlapján elektronikus formában bárki számára hozzáférhetőek.)

Az elmúlt évben is tartottunk közgyűlést, még hozzá ünnepit: 2016-ban volt 60 éve, hogy megalakult egyesületünk első jogelődje. Volt diákpályázat, nyári Űrtábor a 13–18 éves korosztálynak, és második alkalommal rendeztük meg a 18–35 éves fiataloknak szóló Űrakadémiát. Folytatódtak az Űrakadémia Klub rendszeres alkalmai. Az októberi Űrkutatás Napján egy másik jubileumról, egyesületünk jelenlegi nevén történt megalapítása 30. évfordulójáról is megemlékeztünk. A MANT nemzetközi kapcsolatai is jól alakultak: továbbra is képviseljük Magyarországot a Nemzetközi Asztronautikai Szövetségben (IAF), 2016-ban pedig nemzetközi konferenciák szervezéséből is kivettük a részünket. A legfontosabb eseményekről a könyv végén olvashatnak beszámolót. További részletek, események, beszámolók találhatók negyedéves Körlevelünkben, illetve internetes honlapunk híreinek archívumában.

A világ űrtevékenységéről, illetve a MANT eseményeiről szóló összefoglalók mintegy keretbe foglalják azokat a szakmai ismeretterjesztő cikkeinket, amelyek idén is változatos témákban íródtak. Szerzőik publikációs felhívásunkra küldték be írásaikat, munkájukért az olvasók nevében is köszönetet szeretnék mondani.

Az olvasók számára nem marad más feladat, mint érdeklődéssel forgatni az Űrtan Évkönyv 2016-os kötetét. Ehhez kívánok jó időtöltést!

Budapest, 2017. március

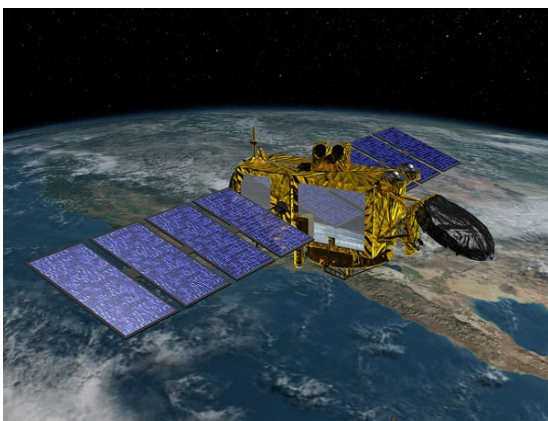
A szerkesztő

Válogatás az űrkutatás 2016-os eseményeiből

Összeállította: Frey Sándor

Összeállításunkban az Űrvilág internetes hírportál (www.urvilag.hu) anyagaiból válogattunk. Az eredeti cikkek szerzői: Both Előd, Frey Sándor, Szentpéteri László. A válogatásban ezúttal nem szerepel a kínai űrtevékenység, mivel az ahhoz kapcsolódó legfontosabb 2016-os történéseket Szentpéteri László külön cikkben foglalta össze.

2016. január



Jason-3: a sikeres sorozat folytatódik. A francia-amerikai együttműködésben készült oceanográfiai műhold január 17-én Kaliforniából indult egy Falcon-9 hordozórakétával. A SpaceX Falcon-9 v1.1 rakétájának ez volt az utolsó példánya, amely a korábban alkalmazott konstrukcióban készült. A jövőben már csak a megnövelt tolóerejű (Full Thrust)

változatot használják. Ilyen először tavaly december 22-én indult. Az 510 kg-os Jason-3-nak is már tavaly kellett volna elindulnia. Az űreszközt a franciaországi Cannes-ból, a gyártó Thales Alenia Space üzeméből Kaliforniába, a Vandenberg Légitámaszpontonra szállító repülőgép már 2015. június közepén megérkezett. A startot akkor augusztus elejére tervezték. Közbejött azonban a Falcon-9 startbalesete: június 28-án, a Dragon (CRS-7) teherűrhajó floridai startja közben a hordozórakéta felrobbant. Az esemény után természetesen vizsgálatok, s ez idő alatt indítási szünet következett. A SpaceX startjainak sikeres felújítására december 22-éig kellett várni. A Jason-3 volt egyébként az első NASA műhold, amelynek indítását a SpaceX-re bízta.

A Jason-3 műhold elkészülte is késlekedett, miután a tesztelés során technikai problémát (a négy fedélzeti rakétahajtómű egyikében szennyeződést) találtak. A műholdnak enélkül már 2015 júliusában pályára kellett volna állnia. Az óceánok kutatására készült űreszköz a felszín felett 1335 km-re húzódó pályáról működik, ahonnan a vízfelszín magasságát és a hullámmérés mértékét határozza

majd meg. Fő műszere egy radaros altiméter (magasságmérő). Emellett magával visz egy mikrohullámú sugárzásmérőt is. Igen pontos pályameghatározása érdekében a fedélzeten nem csak egy GPS vevő található, hanem egy ugyancsak rádiós elven működő DORIS berendezés, valamint a Földről végzett lézeres távolságméréseket segítő sarokreflektorok is.

A Jason-3 működtetéséért az európai időjárási műholdak „gazdája”, az EUMETSAT szervezet, valamint amerikai partnere, a Nemzeti Óceán- és Légkörkutató Ügynökség (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) felel majd. A műholdplatformra a Francia Űrügynökség (CNES) adott megrendelést, a fedélzeti műszereket és a startot az amerikai NASA finanszírozta. A Jason-3 egy 1992 óta működő műholdsorozat negyedik tagja. Mind a mérési módszer, mint az együttműködési forma jól bevált, a hosszú időt átfogó adatsoroknak pedig óriási az értéke a klíma változásainak kutatásában. A francia-amerikai altiméteres műholdak sorát a TOPEX/Poseidon nyitotta, majd a Jason-1 (2001) és a Jason-2 (2008) következett. A klímakutatás mellett az adatok többek közt a tengeri áramlások, a hurrikánok követésére, a globális El Niño és La Niña időjárási jelenségek vizsgálatára szolgálnak. A meteorológusok és klímakutatók mellett a tengerbiológusok, a katasztrófák elhárításában és a tengeri hajózásban érdekelt szervezetek és vállalatok is hasznát veszik majd a Jason-3 adatainak. Az új műhold a jelenleg működő Jason-2-ével azonos pályáról végzi a méréseit. A legalább fél éven át tartó párhuzamos megfigyeléseik módot adnak a Jason-3 műszereinek pontos kalibrálására, és így a hosszú időtávú egységes adatsor folytonosságának biztosítására.

Jelentősen emelkedik az ESA költségvetése. Az Európai Űrügynökség (ESA) 2016-os költségvetése 5,25 milliárd euró, ami 18,4%-os emelkedés a tavalyihoz képest. A legjelentősebb hozzájárulást idén is az Európai Unió (EU) adja (természetesen a tagállamok, köztük Magyarország pénzéből). Az EU hozzájárulása 2015-höz képest közel 29%-kal 1,35 milliárd euróra nőtt, az ESA tagállamok közvetlen hozzájárulásain kívül ebből fedezheti az ESA az EU-val közös programjai, a Galileo és a Copernicus űrszegmentenseinek finanszírozását. Jelentősen (55%-kal, 512 millió euróra) nőtt Olaszország hozzájárulása az ESA-büdzséhez, ami a Vega hordozórakéta fejlesztésének tudható be. A Vega fejlesztését célzó önkéntes programban eddig is Olaszország vállalta az oroszlánrészt. A Vega kereskedelmi használatba vételével elkezdődik a továbbfejlesztés, a Vega-C formájában, amelyet az új Ariane-6 rakétához is használni fognak. Ezzel Németország és Franciaország után ismét az olaszok lesznek a harmadikok az ESA költségvetését biztosító tagállamok

sorában (a britek 2012-ben emelték meg jelentősen a költségvetésüket, ezért néhány évig ők álltak a dobogó harmadik fokán).

A legjelentősebb hozzájárulást (az EU-t nem számítva, tehát csak a tagállamok közül) Németország (873 millió euró, 9% emelkedés 2015-höz képest) és Franciaország (845 millió euró, 18% növekedés) adja, a britek 325 millió euróval szorultak az olaszok mögött a negyedik helyre. A francia hozzájárulás jelentős emelkedését az Ariane-6 programban való részvételük indokolja. Az EU és a négy nagy hozzájárulásán kívül 1345 millió euró, vagyis kb. 25% az, amit a többi 18 tagállam együttesen vállal. Ez országonként közel 75 millió eurót tesz ki, vagyis Magyarország 5 milliós befizetésével a „többi 18” között is a legkisebbek közé tartozik. Magyarország egyelőre még nem vesz részt az önkéntes programokban, márpedig a többi országnál a kötelező befizetés többszörösét teszi ki az önkéntes programokhoz való hozzájárulásuk.

A költségvetés bevételi oldala mellett érdemes a kiadásokat is szemügyre venni. A Vega és az Ariane-6 fejlesztése kapcsán elmondottak alapján nem meglepő, hogy a legjelentősebb, 72%-os növekedés a hordozórakéták önkéntes programjainál történt. A különböző rakétafejlesztésekre 2016-ban 1,05 milliárd eurót költ az ESA. Az önkéntes programok sorában azonban a rakéták így is csak a második helyre szorulnak a földmegfigyelés mögött, ez a terület 1,6 milliárd euróval az ESA költségvetésének közel 31%-át teszi ki. Ez a stabil finanszírozás részben az EU hozzájárulásának tudható be, ugyanennek köszönhető, hogy a navigációs program tartja 0,6 milliárd euró körüli finanszírozását, és ezzel a harmadik az ESA programjai sorában.

Eutelsat-9B és EDRS-A. Az európai területek kiszolgálására készült távközlési hold egyben az ESA új geostacionárius adatátvitel-szó műholdrendszerének első tagja is. Startja Bajkonurból január 29-én történt orosz Proton-M hordozórakétával. Az 5162 kg tömegű Eutelsat-9B gyártója az Airbus Defence and Space cég, tervezett működési élettartama 15 év. Televíziós műsorszórásra, nagy sávszélességű videoátvitelre szánják. A geostacionárius pályán 8° nyugati hosszúság fölé kerül, ahonnan Európa területét fedi le. Regionális nyalábjai Németország, Görögország, Olaszország, az északi és a balti államok, valamint Ukrajna felé irányulnak. A hagyományosnak mondható rádiós berendezéseken túl az Eutelsat-9B fedélzetén repül az ESA lézeres kommunikációs terminálja is. A most kiépíteni kezdett rendszer, az EDRS (European Data Relay System) célja a gyorsabb adatátvitel az alacsony Föld körüli pályákon keringő, jellemzően földmegfigyelő műholdak – a Sentinel sorozat tagjai – és a földi követőállomások között. Geostacionárius, vagyis a Földről meg-

figyelve az égen állni látszó átjátszóállomások segítségével kiküszöbölhető, hogy a földi követőállomások fölött gyorsan elhaladó alacsony pályás holdak csak korlátozott ideig legyenek képesek lesugározni adataikat az adott állomásra. Az EDRS-A rövidítés tehát az Eutelsat-9B fedélzetén repülő műszeregyüttest jelöli. A rendszer következő, C jelzésű tagja 2017-ben kerülhet a világűrbe. A globális lefedettség érdekében további, összesen négy berendezést szánnak a geostacionárius pályára, különböző földrajzi hosszúságok fölé. Az optikai adatátvitel sebessége elérheti az 1,8 Gb/s értéket. Az EDRS jövőbeli felhasználási lehetőségei között említik a Nemzetközi Űrállomással, de akár a levegőben tartózkodó robotrepülőgépekkel való kapcsolattartást is. Ha teljesen kiépül, az EDRS akár naponta 50 terabájt mérési adat lesugárzására lesz alkalmas. Az alacsony pályás földmegfigyelő holdakról lényegében késedelem nélkül érkezhetnek az adatok, ami tovább növeli azok felhasználási lehetőségeit például katasztrófhelyzetekben. Európa nem lesz rászorulva a Föld más területein telepített követőállomásokra sem.

2016. február

GPS: egy korszak lezárul. Cape Canaveralról elindult az amerikai navigációs műholdrendszer Block 2F sorozatának utolsó, tizenkettedik tagja. A GPS Block 2F-12 jelű űreszköz egy Atlas-5 hordozórakétával emelkedett a magasba február 5-én. A műhold az Amerikai Légierő által üzemeltetett, világszerte jól ismert és széles körben használt navigációs műholdrendszer, a GPS (Global Positioning System) legújabb tagja. Ez egyben a Boeing cég által gyártott Block 2F műholdsorozat utolsó képviselője is. Az előző 11 műhold közül az első, a Block 2F-1 még 2010 májusában került pályára, míg a legutóbbi, a 2F-11 nemrég, tavaly október utolsó napján. A vége felé felgyorsultak az események: két éven belül indítottak nyolc új GPS holdat! Mindenesetre ez a műholdsorozat éveken át meghatározta a GPS indításokat – sőt, a várható működési élettartamukat figyelembe véve, még további évtizedekig a felhasználók szolgálatában maradhatnak.

A mostani 2F-12 műhold 245 millió dollárba került, és egy korábbi műholdgeneráció egyik tagját, a 2R-6-os jelű GPS holdat cserélik le vele. Ez az F jelű pályasík 1-es pozíciójában kering. A GPS műholdak pályáit úgy alakították ki, hogy a vevőkészülékekkel rendelkező földi felhasználók lényegében minden helyen és minden időben legalább négy, a horizont felett tartózkodó holdra végezhessenek méréseket. A GPS műholdak hat különböző, 55°-os hajlásszögű pályasíkban keringenek a Föld körül, a felszín felett mintegy 20 ezer

km magasságban. A régi, kevésbé korszerű műhold még üzemképes, így átirányítják az adott pályasík egy másik pozíciójába. Hogy helyet csináljanak az újonnan érkező tagnak, a konstelláció eddig még működő legrégebbi tagját, az 1990-ben(!) pályára állított 2A-10-et közvetlenül az új start előtt nyugdíjazták. (A szolgálatból kivont GPS műholdakat a jelenleginél magasabb pályára irányítják, hogy ne legyenek útjában a rendszer jövőbeli frissítésének.)

1978 óta a mostani start volt a 72. GPS műholdindítás. Ebbe a nagy számba természetesen beleértendő a már nem működő űreszközök is. A floridai start idején 30 aktív tagot számlált a rendszer: mind a 11 korábbi 2F, plusz hét 2R-M és tizenkét 2R sorozatú űreszköz sugározza navigációs rádiójeleit. Ezeken felül még 9 olyan GPS műhold kering a „fejünk felett”, amelyek elvileg működőképesek, így szükség esetén bevethetők. Az új űreszközökkel történő gyors ütemű frissítés célja tehát nem elsősorban a kiesett tagok pótlása – a GPS holdak élettartama jellemzően jócskán meghaladja az előzetesen tervezett értéket, így a rendszer bőven rendelkezik tartalékkal –, hanem a modernizálás, például a zavarásra kevésbé érzékeny, illetve az új navigációs jelek sugárzásának kiterjesztése. A GPS modernizálása nem áll meg. Már készül a következő, Block 3 jelű sorozat. Ezeket a műholdakat a Lockheed Martin építi, első képviselőjük előreláthatólag 2017-ben indulhat. A becslések szerint világszerte 4 milliárd GPS eszközt használnak hely- és időmeghatározásra, és ez a szám megduplázódhat az elkövetkező 5 évben.

A változatos Van Allen-övek. A NASA Van Allen-műholdjainak mérései szerint a Föld sugárzási övei sokkal izgalmasabbak annál, amilyenek azt a róluk alkotott hagyományos kép sugallta. Mintegy 1000 km magasan kezdődik a Földet körülvevő két sugárzási öv közül a belső, amelyeket felfedezőjükről Van Allen-öveknek neveznek. A sugárzási övek felfedezése az egyik első, a műholdas méréseknek köszönhető tudományos eredmény volt az 1950-es évek végén. A fánk alakú zónákban nagy az elektronok sűrűsége. A sugárzási övek védik az alacsonyabban keringő űreszközöket, ugyanakkor a beléjük hatoló eszközöknek szembe kell nézniük az erős sugárzás káros hatásával. Ezért fontos a sugárzási övek kiterjedésének és viselkedésének vizsgálata, ami a NASA Van Allen-műholdjainak fő kutatási célja. Az 1950-es évek óta kialakított hagyományos kép szerint a Van Allen-övek két részből állnak, a nagyobb kiterjedésű és változékonyabb külső, illetve a kisebb és stabilabb belső övből, amelyeket részecskékben szegény tartomány választ el egymástól. A Van Allen-műholdak mérései szerint a helyzet ennél bonyolultabb, a sugárzási övek alakja és kiterjedése erősen függ attól, milyen energiájú elektronokat vizsgálunk, a különböző energiájú elektronok elté-

rő eloszlást mutatnak. Megállapították, hogy ha a kis energiájú elektronokat vizsgálják, a klasszikus kép szerinti belső, kisebb kiterjedésű öv kiterjedtebb a külső övnél. A legnagyobb energiákon ezzel szemben a belső öv szinte teljesen eltűnik, vagyis az övek még egy adott pillanatban is eltérő szerkezetet mutatnak, attól függően, mekkora energián végzik a méréseket.



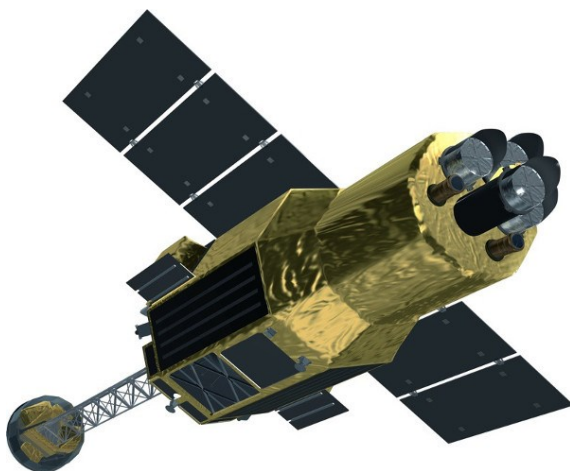
Még bonyolultabb a helyzet geomágneses viharok idején. A gyors napszélnyalábokban vagy a koronakitörések idején érkező, gyorsan mozgó, mágneses anyag beleütközik a Föld magnetoszférájába, oszcillációk lépnek fel, geomágneses vihar alakul ki. Átmenetileg hol nő, hol csökken a sugárzási övekben a nagy energiájú elektronok száma, de egy idő után az övek visszatérnek megszokott állapotukba. Megállapították, hogy a két övet elválasztó zónából a vihar után gyorsan kiürülnek az elektronok, azonban az elválasztó zóna helye az elektronok energiájától függ. Geomágneses viharok idején gyakran előfordul, hogy a külső öv befelé nyomul, teljesen kitöltve az elválasztó zónát, így egyetlen, összefüggő sugárzási öv alakul ki. Kiseb energiákon az elválasztó zóna a Földtől távolabbra kerül, így a belső zóna mérete felülmúlhatja a külsőét.

A Van Allen-műholdak mérései elsősorban azért fontosak, mert korábban csak a rendkívül nagy energiájú (MeV-os) tartományban végeztek méréseket, ezzel szemben a Van Allen-műholdak mérési tartománya sokkal nagyobb az alacsony energiák felé, egészen a néhány ezer elektronvolt energiáig terjed. Emellett a műholdak a korábbiakhoz képest sokkal több, meghatározott energián végzik a méréseiket, vagyis jobb az energia szerinti felbontás. A korábbi műszerekkel egyszerre 5–10 energiaszintet mértek, a Van Allen-műholdak műszerei több százat. Korábban azért nem tudták a sugárzási övek alacsonyabban fekvő, Földhöz közeli részein a kis energiájú elektronok számát megbízhatóan mérni, mert az ott talál-

ható protonok jelentős háttérzajt okoznak. A Van Allen-műholdak érzékenyebb műszereivel a két hatás szétválasztható.

Pályán a Sentinel-3A. Újabb taggal bővült az európai Copernicus program földmegfigyelő műholdjainak sora. Az EU és az ESA programjában a Sentinel-3 sorozat tagjainak feladata az óceánok, tengerek, szárazföldek és a jéggel borított területek vizsgálata. Most ennek a sorozatnak az első darabja állt pályára, Sentinel-3A jelzéssel. A start február 16-án egy Rokot hordozórakéta és Briz-KM végfokozata segítségével történt, az oroszországi Pleszeckből. A műhold alacsony, a felszín felett 815 km-re húzódó, közel a Föld pólusai fölött elhaladó (majdnem 99° -os hajlásszögű) napszinkron pályáról végzi majd méréseit. Amint műszereinek beüzemelésével elkészülnek, a Sentinel-3A szolgálatserűen, a nap 24 órájában, az év 365 napján át a mérések elvégzésétől számított három órán belül bocsátja rendelkezésre adatait. A Copernicus program adatpolitikája értelmében a műholdas mérések szabadon hozzáférhetők lesznek bármilyen felhasználó számára. A műhold fedélzetén egy közepes felbontású, több (összesen 21) hullámhossz-tartományban érzékeny optikai kamera, egy a felszínhőmérséklet mérésére alkalmas infravörös sugárzásmérő, egy mikrohullámú sugárzásmérő, és egy az aper-túraszintézis elvén működő radaros magasságmérő (altiméter) repül. A Sentinel-3A adatait elsősorban a tengerek, óceánok megfigyelésére, időjárás-előrejelző számításokhoz alkalmazzák majd. Emellett a tengerszint változását követik és a tengerfelszín topográfiáját mérik vele, valamint a szárazföldeken a felszínborítás változásainak megfigyelésére tervezik használni. Alkalmas lesz a növényzet állapotának megfigyelésére és tüzek detektálására.

Úton a japán röntgensillagászati műhold. Egy H-2A rakéta indította az Astro-H (Hitomi) műholdat. Mellette „potyautasként” három



kisebb japán űreszköz is Föld körüli pályára került. A start február 17-én történt Tanegashima szigetéről. A Japán Űrügynökség (JAXA) új generációs röntgensillagászati űrtávcsövének tömege 2,7 tonna. A Föld körül 575 km magas, 31° hajlásszögű, kör alakú pályáról végezte volna a méréseit, de mint később kiderült, erre nem sok lehe-

tősege maradt... Az űreszköz március 26-án került bajba. Ennek első jele az volt, hogy elmaradt a tervezett bejelentkezése a földi követőállomásra. Nem sokkal később a műholdakat és a Föld körül keringő tárgyakat követő amerikai műveleti központ (Joint Space Operations Center) adatai azt mutatták, hogy öt nagyobb darab válhatott le a Hitomi testéről, ami komoly anomáliára utalt. A következő két napban még háromszor sikerült rövid időre fogni az űrtávcső rádióadását, majd március 28-án végleg elhallgatott. A vizsgálatok alapján fatális hibák sorozata vezetett a tönkremeneteléhez.

Pedig a röntgensillagászok nagyon sokat vártak az űreszköztől, amelynek megépítésében nemzetközi partnerek is jelentős részt vállaltak. Az egyik ígéretes fedélzeti műszer a lágy röntgentartományban (kb. 10 keV alatti energiatartományban) érzékeny, amerikai vezetéssel készített spektrométer (Soft X-ray Spectrometer, SXS) volt. A startot követően, a fedélzeti műszerek beüzemelése során többek közt a Perseus-galaxishalmaz irányába állították a röntgentávcsövet. A halmaz vizsgálata volt az új japán űrtávcső előzetesen kitűzött egyik fontos célja, ezért a kutatók biztosra akartak menni: még a Hitomi működésének kalibrációs időszakában összesen két és fél napnyi megfigyelést végeztek a célpontra. A választás sikeres és szerencsés volt. A Hitomi első – és mint utóbb kiderült, sajnos egyben az utolsó – nagy felfedezésről beszámoló publikáció a Nature-ben jelent meg júliusban.

A Perseus-halmaz galaxisai közötti teret igen ritka, több tízmillió fokos hőmérsékletű, ezért a röntgentartományban sugárzó gáz tölti ki. A forró galaxisközi gáz térbeli eloszlását, nyomását korábban az amerikai Chandra és az európai XMM-Newton röntgensillagászati űrobszervatóriumokkal feltérképezték. A Hitomi spektrométere most arra adott lehetőséget, hogy a gáz turbulens mozgását, sebességeloszlását is felmérjék, egyes röntgenszínképvonalak eltolódásának megméréseivel. Az ilyen mérésekből lehet következtetni magának a galaxishalmaznak a tömegére, ami nem csak a látható (vagyis elektromágneses sugárzása alapján megfigyelhető), de a túlnyomó többségét alkotó ún. sötét anyagból adódik össze. Az eredmények fontosak általában a galaxishalmazok keletkezésének és „működésének” a megértéshez. A Hitomi röntgenspektrométere – bár az adatok kalibrációja értelemszerűen még nem volt tökéletes – legfeljebb kb. 160 km/s sebességű mozgásokat mutatott ki a halmaz közepe táján a galaxisközi gázban. Ez a sebesség a várakozásokkal ellentétben – legalábbis csillagászati értelemben – meglepően alacsony, ami azt is jelenti, hogy még sok minden tanulni való van a galaxishalmazokról. A halmaz közepén egy nagy elliptikus galaxis (jele NGC 1275, a rádiókatalógusokban: Perseus A) található. A közepén levő szupernagy tömegű fekete lyuk közeléből két átellenes irányban ki-

induló erőteljes plazmakifúvások (jetek) jóval túlnyúlnak a galaxis határain, és jelentős hatással vannak a környező galaxisközi gázra is. A kölcsönhatások lökéshullámokat indítanak a gázban, üregeket formálnak benne. A jelek szerint azonban a galaxisközi anyagban valamilyen fizikai folyamat gyorsan és hatékonyan elnyeli a jetből származó energia számottevő részét – feltehetően kifelé terjedő hanghullámok keletkeznek. Így fordulhat elő, hogy a központi galaxis környéke jóval „nyugalmasabb”, a mért sebességek kisebbek a vártnál.

2016. március

Az egy év befejeződött. Mihail Kornyijenko és Scott Kelly számára, akik március 2-án visszatértek a Nemzetközi Űrállomásról (ISS). Az a bizonyos egy év valójában szűken volt meg, Kelly és Kornyijenko 340 napot töltött a világűrben. Így is ők voltak azok, akik eddig egyhuzamban a legtovább tartózkodtak a már több mint 15 éve folyamatosan lakott ISS fedélzetén. 2015. március 27-én startoltak a kazahsztáni Bajkonurból, az orosz Szojuz TMA-16M űrhajóval. Most a Szojuz TMA-18M visszatérő kabinjában értek földet. Harmadik társuk az orosz Szergej Volkov volt, aki 182 nap után tért haza. Bár a közel egy éven át tartó űrrepülésnél hosszabbakat is teljesítettek már szovjet/orosz űrhajósok a Mir űrállomáson az 1980-as és 90-es években, a mostani különleges volt abból a szempontból, hogy azóta a kutatási módszerek, az űrállomáson végzett kísérletek korszerűbbé váltak, azokon nemzetközi kutatócsoportok dolgoznak. A repülés alkalmával az egyik legfontosabb tudományos kérdés, amire választ vártak a szakemberek, hogy hogyan viselkedik az emberi szervezet a súlytalanságban, a világűrbeli sugárzási környezetben ennyi időn át, s hogyan tűri a magányt. Ez pedig a jövőben tervezett hosszú távú űrutazásoknak, a Mars meglátogatásának az előkészítése szempontjából alapvető fontosságú. A visszatérés után Kelly és Kornyijenko a szokásosnál is tüzetesebb orvosi vizsgálatokon megy keresztül, újbóli alkalmazkodásukat a földi körülményekhez a megszokottnál hosszabb ideig felügyelik majd. A rehabilitációs időszak várhatóan másfél hónapig tart.

Elindult az ExoMars 2016. Az európai és orosz együttműködésben készült űrszonda egy keringő- és egy leszállóegységet vitt a Marshoz. A start a kazahsztáni Bajkonurból, egy orosz Proton-M hordozórakétával történt, március 14-én. Az ExoMars 2016 útjának főbb állomásai a következők. Mintegy 10 óra 40 perccel a felemelkedést követően, a Föld körüli pálya magasságának több lépésben tör-

ténő megemelése után a rakéta Briz-M gyorsítófokozata elvégzi feladatát és az űreszköz – a Marsig együtt repülő, a bolygó körüli pályára szánt Trace Gas Orbiter (TGO) szonda és a Schiaparelli leszállóegység – negyed órával később elválik tőle. Nem sokkal ezután, bő egy óra elteltével kinyílnak a TGO napelemtáblái, két hét múlva pedig a rádiós kommunikációra szolgáló nagynyereségű antenna is. Az utazás a külső bolygósomszédunkig hét hónapot vesz igénybe. A menetrend szerint október 16-án önállósodik a Schiaparelli (más néven Entry, Descent and Landing Demonstrator Module, röviden EDM) egység, hogy három nappal később belépjen a Mars légkörébe és sima leszállást hajtson végre a felszínen.

A TGO egyik fontos feladata a marsi légkörben található (vagy nem található) metán vizsgálata, eredetének felderítése. Fedélzetén négy tudományos műszer-csomag repül. Két, az ultraibolya és az infravörös tartományban működő spektrométer a légkör összetevőit (szén-dioxid, metán, vízgőz, hidrogén-klorid, etán, nitrogén-dioxid, acetilén, etilén, stb.) méri, egy sztereókamera térhatású felvételeket készít a bolygófelszínről, egy detektor pedig a kozmikus sugárzás és a marsi talaj kölcsönhatását, a hidrogéntartalmú ásványok előfordulását vizsgálja. Mint számos más jelentős európai űreszköz, a TGO sem készült magyar részvétel nélkül: a svájci vezetéssel épült, kb. 5 m-es felbontású színes kamera (Color and Stereo Surface Imaging System, CaSSIS) fedélzeti szoftverrendszerét az SGF Kft. szakemberei fejlesztették. A TGO a terveknek megfelelően októberben sikeresen pályára állt a Mars körül, utána megkezdték műszereinek beüzemelését és a végleges pálya kialakítását.

A főleg olasz finanszírozású Schiaparelli leszállóegység elsődleges célja az első sikeres „európai” leszállás demonstrálása lett volna a Marson. Energiával való ellátásában csak az akkumulátoraira hagyatkozhatott, így legfeljebb nyolc napon belül lemerült volna a felszín elérése után. Addig is leszállóhelye környezetének időjárását vizsgálta volna, illetve érkezés közben a légkör rétegeiről gyűjtött adatokat. A Schiaparelli sima leszállása a Meridiani-síkság területére azonban október 19-én kudarcot vallott. A 19. században élt olasz csillagász, Giovanni Schiaparelli nevét viselő kísérleti leszállóegységnek hat perce volt arra, hogy pontosan végrehajtsa a számára megtervezett koreográfiát és leérkezzen a Marsra. A légkörbe lépés után hőpajzsos, ejtőernyős és rakétás fékezési fázisokon túljutva kellett volna talajt érnie, úgy, hogy berendezései nem sérülnek meg. Ehelyett a szonda végül nagy sebességgel a felszínbe csapódott, aminek a nyomát azóta nagy felbontással tanulmányozhatták az amerikai Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) űrszondának a helyszínről készített felvételein is. Az ESA szakembereihez szerencsére rengeteg adat jutott el a Schiaparelli leszállásáról. Nem véletlenül,

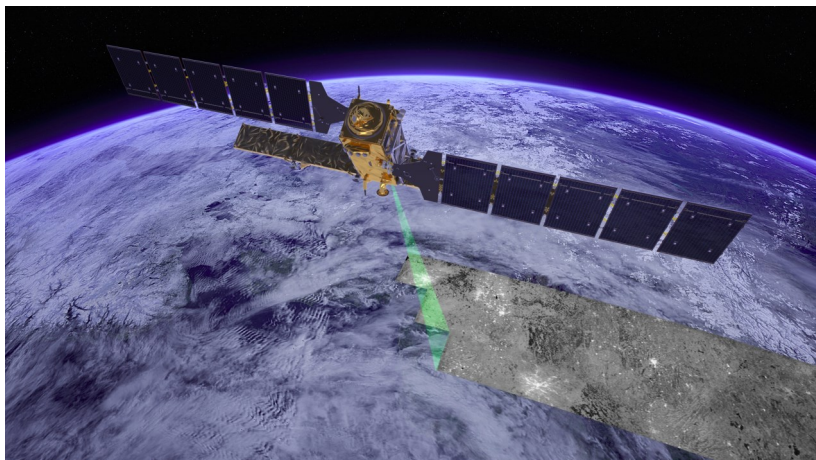
hiszen az űreszköz célja éppen a módszer élesben való tesztelése volt, mielőtt az ExoMars program következő lépésében egy nagyobb, önjáró laboratóriumot juttatnának a Marsra. Az adatok részletes elemzése után körvonalazódott egy elképzelés arról, hogy mi nem működött megfelelően a leszállóegységen.

Először is pár szó arról, hogy mi működött jól. A légkörbe való belépés és a fékezés első szakasza a terveknek megfelelően zajlott, mint ahogy egyébként végül a megérkezés helye is belül volt az előre meghatározott hibaellipszisen. Az ejtőernyő 12 km-es felszín feletti magasságban, 1730 km/h sebességnél rendben kinyílt. A hővédő borítás 7,8 km magasban – ahogy kellett – levált az űreszköz elülső feléről. Bekapcsolt a doppleres elven működő radaros magasságmérő berendezés is, és valós adatokkal szolgált. Ugyanakkor az egység forgási sebességéről is adatot szolgáltató berendezés (Inertial Measurement Unit, IMU) maximális értéket jelzett röviddel az ejtőernyő kibontását követően. Egyéb mérései rendben levőnek tűntek ugyan, de ez a kb. egy másodpercen át tartó anomália félrevezette a Schiaparelli navigációjáért felelős rendszert. (A leszállóegység természetesen autonóm módon működött, a földi irányítók beavatkozására a nagy távolság és az események gyors lefolyása miatt nem is lett volna lehetőség.) Az eredmény: a rendszer úgy találta, hogy a Schiaparelli „magassága” már negatív, vagyis el kellett érje a Mars felszínét. Ezért utasítást adott minden olyan folyamat beindítására, ami a leszálláskor volt aktuális. Elsősorban levált az ejtőernyő és a hátsó védőborítás, csak nagyon rövid ideig kapcsolódtak be az utolsó lassítási szakaszra tervezett fékezőrakéták. Valójában azonban ekkor még 3,7 km magasan volt a szonda, amely onnantól lényegében fékezés nélkül zuhant le a Marsra.

2016. április

Elindult a Sentinel-1B. Az európai radaros távérzékelő műholdpáros második tagja Kourouból, Francia Guyanából állt pályára, április 25-én. A 2,3 tonnás űreszköz egy orosz gyártmányú Szojuz hordozórakéta és Fregat végfokozat segítségével érte el a 693 km magasan húzódó poláris pályát. A Sentinel-1B tervezett élettartama legalább 7 év. Ikertestvére, a Sentinel-1A majdnem pontosan két éve, 2014. április 3. óta kering a Föld körül. A két műhold pályájának geometriája azonos, csak épp mindig egymással „szemben”, a Föld átellenes oldalai fölött repülve figyelik a felszínt. A Copernicus program Sentinel-1 műholdpárosának fedélzetén egy az apertúraszintézis elvén működő radarberendezés (synthetic aperture radar, SAR) repül. Ez a C-sávban (5,405 GHz-es frekvencián) bocsátja ki a

rádióhullámokat a Föld felé, és a 12 méter hosszú antennájával veszi a felszínről visszaverődött jeleket. A két műholdat használó konfiguráció előnye, hogy egy-egy adott területről legfeljebb 6 napos visszatérési idővel végezhetnek radarméréseket, míg egyedül a Sentinel-1A-val ez kétszer ilyen hosszú, 12 nap volt (ez a szám az Egyenlítőnél érvényes, magasabb szélességeknél természetesen rövidebb lehet a visszatérési idő). A műholdak négyféle üzemmódban, különböző szélességű sávokban és más-más felbontással képesek felmérni a felszínt.



A radaros Sentinel-1 műholdak adatait számos területen, a hétköznapi életet és a gazdaságot segítő, valamint tudományos célú alkalmazásokra tudják hasznosítani. Ezek közül érdemes megemlíteni például a szárazföldek felszínborításának, a növényzetnek a vizsgálatát, a tengeri jég és az olajszenyeződések követését, a hullámzás és a tengeráramlások vizsgálatát. A technika nagy előnye, hogy az időjárástól (borultságtól) és a megvilágítástól (napszaktól) függetlenül is lehet használni, ellentétben az optikai távérzékelő műholdak felvételeivel. A SAR technikát nem csak képalkotásra, hanem – az adott területről több eltérő időpontban gyűjtött adatok elemzésével, műholdradar-interferometriás eljárással – a felszín- és építménymozgások pontos kimutatására is lehet alkalmazni. Természeti katasztrófák (például földrengések, vulkánkitörések, földcsuszamlások) után meg lehet állapítani a felszín deformációk, árvizek esetén pedig az elöntés mértékét és térbeli eloszlását. A két Sentinel-1 műhold – a most felbocsátott B és a két éve működő A jelű – a Thales Alenia Space fővállalkozásában készült, számos európai űripari beszállító közreműködésével. A műholdak lelkét, a SAR berendezést a német Airbus Defence and Space vezetésével gyártották.

A Sentinel-1B-t pályára állító rakéta egyik „potyautasa” volt a francia CNES vezetésével készített MicroSCOPE (Micro-Satellite à traînée Compensée pour l'Observation du Principe d'Equivalence) műhold. Ez az ekvivalenciaelvet vizsgálja, ami az általános relativitáselmélet egyik alapja. A 2 évesre tervezett működési idő alatt remélik, hogy a Földön végzett eddigi legjobb méréseknél százszor pontosabban (10^{-15} nagyságrendű relatív pontossággal) ki tudják mutatni a súlyos és a tehetetlen tömeg egyenértékűségét – vagy épp apró eltérést, amit egyes fizikai elméletek jósolnak. A mérés elve, hogy a műhold belsejében két különböző anyagból készült próbatest viselkedését vizsgálják, miközben azok a lehető legtökéletesebb tehetetlenségi pályán mozognak. (Eötvös Loránd torziós ingájával a maga korában minden addigit meghaladó, 10^{-8} -os pontossággal igazolta az ekvivalenciaelvet.) Emellett három 1 egységes (10 cm-es élhosszúságú kocka alakú) nanoműhold, CubeSat került pályára. Ezeket európai (pontosabban dániai, olaszországi és belgiumi) egyetemi csoportok készítették, a lehetőséget az ESA Fly Your Satellite! (magyarul: repítsd a műholdadat!) pályázatán elnyerve.

Vosztocsnij: az első start. Az ország távol-keleti területén épülő új orosz űrrepülőtérrel elindultak az első műholdak. A többes szám azért indokolt, mert a vadonatúj starthelyről felemelkedő Szojuz-2.1a hordozórakéta orrkúpja alatt egyszerre három orosz űreszköz foglalt helyet. Az indítás április 28-án történt. A pályára állított műholdak egyike az Aiszt-2D (Aist-2D), egy hiperspektrális optikai távérzékelési berendezést és egy P-sávú radaros műszert kipróbáló kísérleti űreszköz. A másik a moszkvai Lomonoszov Egyetem nagyenergiájú kozmikus sugarak és a gamma-kitörések kutatására épített, az egyetem névadójáról elnevezett műhold. A harmadik a Szam-Szat-218 (SamSat-218) kísérleti nanoműhold (CubeSat). A nevét alkotó betűszó első fele arra utal, hogy Szamara városában, a repüléssel és űrkutatással foglalkozó állami egyetemen készült – ahogyan egyébként az Aiszt-2D is.

A 2011-ben építeni kezdett, a tervezettnél lassabban elkészülő szibériai űrrepülőtér (északi szélessége $51^{\circ} 53'$, keleti hosszúsága $128^{\circ} 20'$) egyik fő célja a Kazahsztán területén fekvő Bajkonur használatától való függőség csökkentése. A még a szovjet időkben használatba vett Bajkonurt Oroszország 2050-ig bérli a kazahoktól. Az Amur vidékén épülő Vosztocsnij a kínai határtól csupán mintegy 100 km-re fekszik. A 3 milliárd amerikai dollárnak megfelelő költségvetéssel készülő űrbázis jelenleg Oroszország egyik legambiciózusabb építési projektje. Előrehaladását azonban az elmúlt években korrupciós botrányok, az építómunkások sztrájkjai hátráltatták. A munkálatok vezetői közül többen is sikkasztás vádjával kerültek

rács mögé. Az Interfax hírügynökség áprilisi jelentése szerint eddig 21 bűncselekmény ügyében indult eljárás Vosztocsnij építésével összefüggésben. A mintegy 700 km²-t elfoglaló komplexum területén épül a jelenleg Bajkonurból induló Proton nehézzrakétákat felváltó Angara hordozórakéták starthelye. A mostani tervek szerint 2021-ig kell várni az Angara első indításáig Vosztocsnijból. (A megelőző tesztrepülések helyszíne az észak-oroszországi Pleszeck lesz.) Bajkonurból egyáltalán nem tervezik az Angara rakéták indítását. A személyzetes űrrepülések a Roszkoszmosz tájékoztatása szerint 2023-ban kezdődhetnek meg az új szibériai bázisról.

Kész az indiai navigációs műholdrendszér.

Pályára állt a regionális lefedettséget biztosító IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System, vagy ahogy újabban röviden nevezik: Navic)



hetedik, egyelőre utolsó műholdja is. Az új űreszköz beüzemelése után teljesen kiépítettnek tekinthető a rendszer. Az IRNSS-1G jelzésű hold a megszokott PSLV (Polar Satellite Launch Vehicle) rakétával állt pályára, a Satish Dhawan Űrközpontból, az India keleti partjai közelében fekvő Sriharikota szigetéről. A start április 28-án volt. A 210 millió amerikai dollárnak megfelelő összegből létrehozott Navic az indiai szubkontinens területén, illetve annak szárazföldi és tengeri környezetében (mintegy 1500 km-es távolságig) biztosít műholdas helymeghatározó szolgáltatást, méghozzá függetlenül más országok globális lefedettségű navigációs műholdrendszereitől – az amerikai GPS-ről, az orosz GLONASSZ-tól, a kínai Beidou-tól és az európai Galileótól. Az IRNSS holdjait 2013 júliusában kezdték pályára állítani. Az 1425 kg tömegű IRNSS-1G elnyúlt átmeneti pályára került, ahonnan rövidesen eléri a 36 ezer km magas geostacionárius pályát. Itt keringési ideje szinkronban van, megegyezik a Föld forgási idejével, pályahajlása az Egyenlítőhöz képest csupán 5°. A konstellációban ezen kívül még két ilyen jellegű pályán működő hold van. Másik négy indiai navigációs hold ugyancsak geoszinkron, de nagyobb, kb. 29°-os hajlásszögű pályákon kering.

2016. május

RADCUBE és CROSS. Ezeket a betűszavakat érdemes lesz megjegyeznie annak, aki a következő néhány évben követni szeretné a hazai űrkutatás fejleményeit. Május 19-én sajtótájékoztatót mutatták be Budapesten, a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) székházában az MTA Energiatudományi Kutatóközpont (EK) szakmai vezetésével most induló projektet, amely megnyithatja az utat egy minden eddiginél pontosabb űridőjárás-előrejelző rendszer kiépítése felé. Az ESA támogatását nemrég elnyert projektben a műholdplatform fejlesztőjeként részt vesz a C3S Elektronikai Fejlesztő Kft., az első magyar műhold, a Masat-1 készítői által létrehozott űripari vállalkozás.

A RADCUBE annak a 3U (tehát három egymás mellé helyezett, 10 cm élhosszúságú kockának megfelelő egységből álló) kis műholdnak (CubeSatnak) a neve, amely az MTA EK által fejlesztendő, Rad-Mag nevű, a kozmikus sugárzás mérésére alkalmas műszert viszi magával. A műszer és a műholdplatform elkészítésére rendelkezésre állnak a források, az űreszköz felbocsátását 2018 végére vagy 2019 elejére várhatjuk (ennek a pontos részletei még nem ismertek). A CROSS rendszer (Cosmic Radiation mOnitoring Satellite System) pedig egy hosszabb távra szóló terv. Ennek keretében a Föld körül különböző pályákon keringő, hasonló műszerezettségű holdak konstellációja olyan mérési adatokat szolgáltatna, amelyekkel az eddiginél jóval pontosabban és hatékonyabban lenne biztosítható az űrbe feljuttatott eszközök és személyek biztonsága, az űridőjárás-előrejelző számítások végzése.

Galileo 13 és 14. Terven felül két új európai navigációs űreszköz állt pályára Kourouból. A legújabb két Galileo műhold sorszáma a 13-as és 14-es. A konstelláció tagjai közé beleszámítják a rendszer kipróbálási fázisában (In-Orbit Validation, IOV) 2011-től kezdve indított négy, illetve az azóta pályára állított többi, a teljes kiépítettséget (Full Operational Capability, FOC) megcélzó űreszközt. Ha teljesen elkészül a Galileo, három pályasíkban 30 műhold kering majd (pályasíkonként 2-2 tartalék). Ezek közepes (23 és félezer km-es) magasságú magasságú, kb. 55°-os hajlásszögű pályákról, bolygónk körül egyenletesen elosztva sugározzák majd rádiójeleiket, amelyek segítségével a vevőberendezések tulajdonosai pontos hely-, sebesség- és időmeghatározást végezhetnek. A Galileo feladata hasonló a jól ismert amerikai GPS, valamint az orosz GLONASSZ és a kínai Beidou műholdrendszerekéhez, de az európai rendszer egyedülálló módon nem katonai irányítás alatt, hanem az EU és az ESA közös vállalkozásában készül. A 2016-ra vonatkozó tervekben eredetileg

nem szerepelt a mostani kettős műholdindítás. A német OHB cég fővállalkozásában épülő, a brit Surrey Satellite Technology cég navigációs berendezéseivel felszerelt űreszközök azonban jó ütemben készültek és tesztelésük is megfelelően haladt előre, így kínálkozott az alkalom, hogy egy kicsit felgyorsítsák a Galileo – amúgy korábban hosszú éveket késett – kiépítését. A két műhold egy orosz gyártmányú Szojuz-2.1b hordozórakéta és egy Fregat végfokozat segítségével indult május 24-én.

BEAM: felfújva!

A Nemzetközi Űrállomás 2011 óta most először új modullal egészült ki, még ha csak egy kísérletivel is. Még hozzá nem is akármilyenl: a Bigelow Expandable Activity Module (röviden BEAM) összezsugorolt állapot-



ban jutott a világűrbe az április 8-án indított Dragon CRS-8 teherruhajó külső rakodóterében. Innen az ISS robotkarja segítségével 16-án átmozgatták a dokkolóhelyére, a Tranquility modulra. Több mint egy hónapon át ott várakozott, amíg meg nem kezdték a „felfújását”, amitől a teljes méretének elérését várták. Érdekes figyelembe venni, hogy a BEAM már tavaly óta szorosán összezsugorolva várta a majdani startot, ami már előzetesen némi aggodalomra adott okot: vajon sikerül-e gond nélkül „megnöveszteni”, ha eljön az ideje. Nos, nem teljesen sikerült. A felfújásra nagyrészt automatikus eljárással, az ISS-en dolgozó amerikai űrhajósok közül Jeff Williams felügyeletével került sor. Ezt nem úgy kell elképzelni, mint egy léggömb felfújását. Valójában elsőként nem a modul belsejébe, hanem a modul falát alkotó rétegek közé kezdtek óvatosan levegőt eresztetni. A BEAM belsejének nyomás alá helyezése csak ezután következhet. A május 26-án megkezdett folyamat során először egy szelepet nyitottak ki rövid időtartamokra, amelyen keresztül az űrállomás levegőjének egy része átáramolhatott a modulba. A szerkezet azonban nem növekedett olyan ütemben, mint ahogy várták. Bár a felfújódás folyamatának alakulását nem lehetett pontosan előre jelezni, hiszen ilyen típusú eszközzel először végeztek kísérletet az ISS-en, a növekedés túlságosan lassúnak bizonyult.

A sikertelen kísérletet a földi szakértők elemezték, és úgy döntöttek, hogy 28-án újra próbálkoznak. Valószínűleg csak a burkolatot alkotó rétegek tapadtak össze a kelleténél jobban az összenyo-

mott állapotban való hosszú tárolás alatt. Ezt a második kísérletet már siker koronázta. A kezdeti, mintegy hét órán át tartó óvatos nyomásnövelés után a végén a nyolc levegőtartály segítségével negyed órán belül sikerült a két nappal azelőtt „megmozgatott” BEAM teljes méretének elérése. A BEAM szállítási mérete egy 2,4 m átmérőjű, 1,7 m hosszú henger volt. A felfújást követően átmérője 3,2 méterre, hossza 3,7 méterre növekedett. Belső hasznos térfogata kb. 16 köbméter, mint egy családi sátoré. A következő napok azzal telnek, hogy ellenőrzik, nem szökik-e véletlenül valahol a levegő az ISS új, könnyűszerkezetes moduljából. Csak ezután léphetnek át az űrhajósok a BEAM belsejébe, hogy mérőműszereket helyezzenek el benne. Ezekkel az érzékelőkkel többek közt a mikrometeorit-becsapódásokat figyelik, a hőmérsékletet, a nyomást és a sugárzást mérik. Valójában mind a becsapódásokkal szembeni ellenállóság, mind a sugárvédelem szempontjából jobb eredményeket várnak a többrétegű, műanyag alapú, rugalmas borítással rendelkező BEAM-tól, mint a hagyományos, merev fém külső falakkal épített moduloktól. A BEAM a tervek szerint 2 évig marad az ISS-hez csatlakoztatva. Utána leeresztik, s a robotkarral eltávolítják az ISS-től. A végső sorsa a légkörben való megsemmisülés lesz. Mivel csak egy kísérleti modulról van szó, az űrhajósok nem veszik majd napi használatba, nem is tárolnak benne semmit, viszont 2-3 havonta meglátogatják.

A Bigelow Aerospace tervei között egy a BEAM-nél 20-szor nagyobb önálló „kereskedelmi” űrállomás építése szerepel, amely talán 2020 körül repülhet. Fedélzetén profi űrhajósok, kutatók mellett űrturisták is megfordulnának. Nem szabad elfelejteni, hogy a Bigelow Aerospace nem újonc a területen. Eddigi két kisebb önálló kísérleti modulja, a 2006-ban indított Genesis-1 és a 2007-es Genesis-2 jelenleg is a Föld körül kering alacsony pályákon, s a belső nyomásukat azóta is megfelelően tartják.

2016. június

Két innovatív műhold egy Falcon-9-cel. A SpaceX rakétája június 15-én egyszerre két távközlési műholdat juttatott geostacionárius átmeneti pályára. Máskor általában csak egyet szokott. A kettős startot ezúttal az tette lehetővé, hogy a Boeing által gyártott két űreszköz (Eutelsat-117 West B és ABS-2A) hagyományos kémiai hajtóműveket nem, csak ionhajtóműveket használ. Így megspórolhatták az üzemanyagtartályokat és a jelentős tömegű hajtóanyagot. A műholdak tömege így egyenként 2 tonna körüli volt, a kettő együtt sem haladta meg a Falcon-9 rakéta kapacitását. A nagy sebességre felgyorsított xenon ionok kilövellésén alapuló, a hagyományosnál lé-

nyegesen nagyobb hatásfokú meghajtásnak azonban hátránya is van: az így kifejthető kis tolóerő miatt a manőverezés lassan halad. Míg a kémiai hajtóművekkel felszerelt távközlési holdak néhány hét leforgása alatt eléri a kezdeti elnyúlt átmeneti pályáról a 36 ezer km magas geostacionárius körpályát, addig ez a most felbocsátott két űreszköz számára legalább fél évet vesz igénybe. A két üzemeltetőnek azonban még így is megérte az üzlet, mert az eleve kedvező árú Falcon–9 start költségét még meg is tudták osztani egymás közt. Értesülések szerint műholdanként 30 millió dollárt fizettek a rakétát kínáló SpaceX vállalatnak. Hasonló innovatív ionhajtóműves távközlési műholdakkal, ugyanennek a két üzemeltetőnek a megrendelésére a Falcon–9 már tavaly márciusban is végrehajtott egy indítást.

Az ABS–2A, ahogy a nevében a rövidítés utal rá, a Bermudán bejegyzett Asia Broadcast Satellite vállalat tulajdona. Fedélzetén 48 Ku-sávú transzpondert helyeztek el. Televíziós műsorokat sugároz és mobil kommunikációs szolgáltatásokat nyújt majd. Állomáshelye a geostacionárius pályán 75° keleti hosszúságnál lesz, ahol a 2014-ben indított ABS–2-höz csatlakozik. Lefedettségi területe Dél- és Délkelet-Ázsia, Oroszország, Afrika északi és középső része és a Közép-Kelet. Az Eutelsat–117 West B műholdat 2012-ben még a Satmex rendelte meg, de a mexikói távközlési céget időközben (2014-ben) felvásárolta a párizsi székhelyű Eutelsat. A műhold kijelölt geostacionárius állomáshelye $116,8^\circ$ nyugati hosszúság, ahogy erre az elnevezése is utal. Latin-amerikai felhasználók számára, videós adatátviteli szolgáltatásokra szánják. Lefedettségi területe az Egyesült Államok déli részétől egészen Patagóniáig terjed. A hagyományos távközlési felhasználás mellett az űreszköz része lesz az amerikai WAAS (Wide Area Augmentation System) rendszernek. Ezek a holdak a GPS helymeghatározó műholdrendszerrel végzett mérések pontosságát és megbízhatóságát javító, kiegészítő jeleket továbbítanak, földi állomáshálózaton végzett mérési adatokra támaszkodva. A WAAS legfontosabb használója a légi közlekedési szektor. A műholdas navigáció, kiegészítve a WAAS – ugyancsak műholdak közvetítésével nyújtott – adataival segíti a repülőgépek leszállását kedvezőtlen időjárás esetén is, és az amerikai légi irányítás számára lehetővé teszi a légtér zsúfoltságának csökkentését, kisebb követési távolságok és rövidebb repülési útvonalak kijelölését.

Húsz műhold egy csapásra. Az indiai PSLV (Polar Satellite Launch Vehicle) rakéta hazai és külföldi műholdak seregét állította alacsony poláris pályákra június 22-én. A fő hasznos teher az indiai Cartosat–2C távérzékelő műhold volt. Az indiai hadsereg megrendelésére készült űreszköz nagyfelbontású felvételeket készít majd boly-

gónk felszínéről. Ez lesz a „legélesebb szemű” műhold, amely valaha Indiából indult. Felszíni felbontása a 60 cm-t is eléri. Maga az űreszköz felépítésében hasonlít a 2008-ban és 2010-ben indított, polgári üzemeltetésű elődeihez, de alacsonyabb pályára kerül, így finomabb felbontásban figyelhetik meg vele a stratégiailag fontosnak tartott létesítményeket, világszerte. Adatait ugyanúgy polgári célokra is alkalmazzák majd. Starttömege 727 kg, a színes és fekete-fehér képek készítését legalább öt éves időtávon várják tőle. Miután a Cartosat-2C önálló pályára állt, sorban következett még 19 kisebb műhold. Ezek közül 13 az Egyesült Államokból érkezett. Egyikük a Terra Bella nevű (korábban Skybox Imaging néven ismert), a Google által két éve felvásárolt cég második generációs földmegfigyelő holdjainak az egyike (SkySat-C1). A 110 kg-os, a Space Systems/Loral által épített űreszköz méter alatti felbontású felvételek és HD videók készítésére alkalmas, miközben elrepül az adott célterületek fölött. A Terra Bella nem kevesebb mint 12 másik hasonló műholdat tervez pályára küldeni. A fennmaradó tucatnyi Dove nanoműhold (Flock-2p) a Planet Labs cég szolgálatába áll. A Föld folyamatos megfigyelésére készült, kenyérpíró méretű holdakból álló konstellációba 2013 óta már több mint 100 darabot indítottak. Eddig elsősorban a Nemzetközi Űrállomásra tartó teherűrhajókat használták a Föld körüli pálya eléréséhez.

A PSLV rakétával indított két kanadai műhold egyike, az M3M-Sat már két éve várakozik a lehetőségre. Eredetileg 2014 közepén egy Szojuz rakétával szerették volna indítani, de a Krim elfoglalása után a kanadai kormány Oroszország elleni szankcióinak részeként a megállapodást felbontották. A polgári és katonai együttműködésben épült M3MSat fedélzeti elektronikai berendezésekkel kapcsolatos kísérleteket végez. A másik kanadai műhold, a GHGSat-D mérete egy mikrohullámú sütőéhez hasonlítható. Egy majdani, az üveg-házhatású gázok kibocsátását monitorozó rendszer első képviselője.

Az indiai rakéta mostani rakományából hátralevő négy műhold közül a BIROS Németországban készült, infravörös érzékelőjével az erdőtüzek megfigyelésére tervezték. A 2012-ben indított, ugyancsak német TET-1 holddal fog kötelékben repülni. (A BIROS-ból egyébként már a pályán egy BeeSat-4 jelű, a műholdak közötti kommunikációs kapcsolattartásra szolgáló kísérleti CubeSat is önállósul. Ha ezt is hozzáadnánk, már 21 műholdról beszélhetnénk, amelyek a PSLV rakétával kerültek a világűrbe. De mivel nem közvetlenül a hordozóeszköz állítja pályára, az ilyeneket nem szokás beleszámolni az összesítésbe.) A LAPAN-A3 jelű földmegfigyelő mikroműhold Indonézia megrendelésére indult. Végül két apró CubeSat (SathyabamaSat és Swayam) indiai egyetemi hallgatók munkája. A pályára emelt hasznos teher összesen közel 1,3 tonna volt. A műholdak kb.

500 km magas poláris napszinkron pályára jutottak. Az indiaiak sikeresek a külföldi megbízások teljesítésében, a PSLV rakétákkal előzőleg már közel 60 űreszközt állítottak pályára más országbeli szervezetek vagy cégek megrendelése nyomán.

2016. július

Megérkezett a Juno a Jupiterhez.

A NASA 2011-ben indított űrszondája július 5-én sikeresen lefékezett és pályára állt a Naprendszer legnagyobb bolygójánál. Kevés híján öt éven át tartó, mintegy 2,8 milliárd km-es utazás után a Juno fő hajtóműve 35 percig fékezett. A manőverek automatikus üzemmódban történtek. A Juno eddig útja során 2013-ban a Föld mellé



visszatérve gravitációs lendítő manővert hajtott végre. A Jupiter mellett, a Naptól ekkora távolságban még sohasem működött űrszonda napelemes energiatermeléssel. A Juno az eredeti tervek szerint az elkövetkező 20 hónapban 37-szer kerülte volna meg elnyúlt pályán a Jupitert. A bolygót minden eddiginél jobban, a felhőzet tetjétől számított 5000 km-en belül is megközelíti. Műszerei, elektronikus berendezései ekkor igen erős dózisú kozmikus sugárzásnak lesznek kitéve. Az űreszköz végül a Jupiter sűrű légkörében végzi, hogy véletlenül se maradjon a bolygó holdrendszerében, nehogy akaratlanul is beszennyezzenek vele egy olyan égitestet, ahol jelenlegi ismereteink szerint nem zárható ki az élet valamilyen formájának múltbeli (vagy akár jelenlegi) előfordulása.

A Juno kezdetben 35,5 napos keringési idejű pályára került a gázóriás körül. A pálya magasságát október 19-én tervezték csökkenteni úgy, hogy a keringési idő 14 naposra változzon, a kutatási programhoz ideális feltételeket teremtvé. Erre azonban a fő hajtóművel adódott műszaki gondok miatt nem kerülhetett sor. Végül az irányítók 2017 elején úgy határoztak, hogy marad a Juno számára az elnyúlt pálya. A tudományos megfigyeléseket így is el tudják végezni. A leghasznosabb, bolygóközelben töltött megfigyelési idő rövidebb lesz, emiatt az adatok lassabban gyűlnek. Cserébe – mivel a

szonda több időt tölt a Jupiter erős sugárzási övezetétől távol – meg lehet, hogy a Juno élettartama hosszabb lesz a vártnál. A fedélzeten kilenc különböző műszeregyüttes összesen 29 érzékelője állt munkába. A Juno fő célja a Jupiter légkörének, belső szerkezetének, magjának, mágneses terének vizsgálata, a bolygó fejlődéstörténetének tanulmányozása. A korábban a Jupiter rendszere mellett elrepülő vagy ott dolgozó űreszközök inkább a holdak részletes kutatására koncentráltak.

2016. augusztus

Egy start, két kém. Nemrég még titkolták, most a második műholdpáros is elindult az amerikai GSSAP (Geosynchronous Space Situational Awareness Program) rendszer kiépítésének folytatásaként. A geostacionárius pálya környékén kutakodnak. A GSSAP négy tervezett műholdja közül az első kettő alig több mint két évvel ezelőtt, 2014 júliusában állt pályára a floridai Cape Canaveralról, egy Delta-4 hordozórakétával.

A második műholdpáros ugyaninnen, ugyanilyen típusú rakétával startolt 2016. augusztus 19-én. Az Amerikai Légierő műholdjai az 1 napos keringési idejű, közel 36 ezer km magasan, az Egyenlítő síkja közelében húzódó geostacionárius pálya környezetébe kerülnek. Pályájukon az egyik kicsit beljebb lesz és így gyorsabban kering, a másik valamivel távolabbra jut és lemarad a geostacionárius holdak mögött, de többféle konfigurációt is kialakíthatnak működésük során – ahogy ez a 2014-ben felbocsátott első két társukkal is megesett. Így „körbejárnak” abban a gazdaságilag és stratégiaileg is fontos régióban a Föld körüli térségben, ahol nem csak polgári távközlési és meteorológiai holdak, de katonai célú fegyverzet-ellenőrző és kommunikációs, valamint kémkedésre használt űreszközök is dolgoznak szép számmal. Figyelnek, hogy nem áll-e fenn ütközésveszély a műholdak között, illetve nem próbálnak-e illetéktelen műholdak amerikaiak közelébe jutni.

A GSSAP rendszer most felbocsátott 3. és 4. műholdja lesz feltehetően egyelőre az utolsó, további űreszközök készítéséről nem szólnak a hírek, bár nem is zárható ki, hogy később tovább bővítik vagy felfrissítik a konstellációt. Ami a műholdak műszaki paramétereit illeti, azok természetesen nem nyilvánosak. Annyit lehet tudni, hogy az Orbital ATK cégtől rendelték meg ezeket a katonai műholdakat, amelyeknek sem a méreteiről, sem a tömegéről, de a tervezett élettartamukról és a bekerülési költségeikről sem lehet biztosat tudni. A GSSAP műholdjaitól származó információk kiegészítik a földfelszínről és alacsony pályás műholdokról végzett megfigyeléseket,

amelyek az űreszközök, rakétafokozatok és nagyobb űrszemét-darabok pontos pályakövetését célozzák.

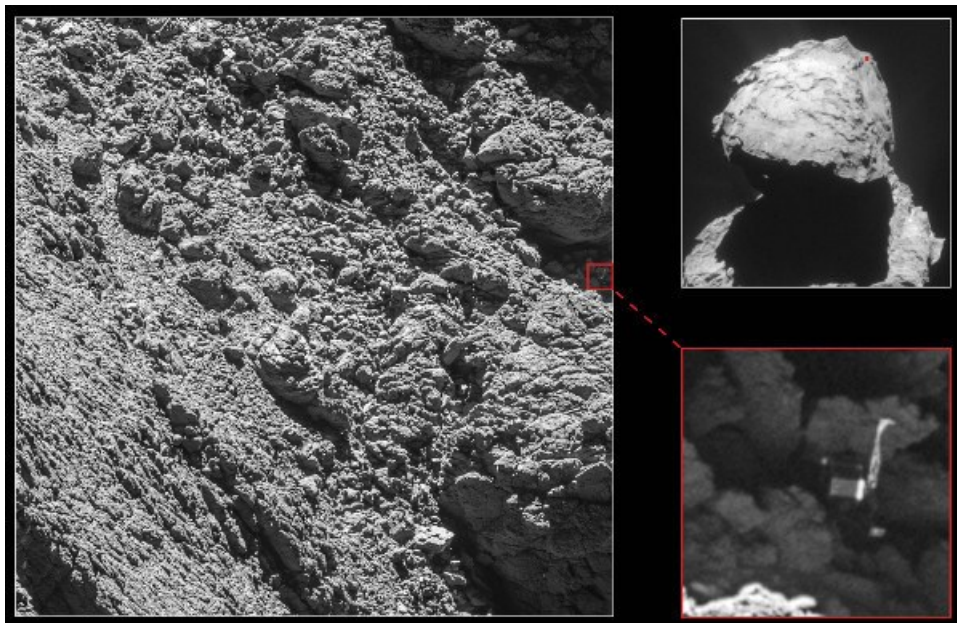
2016. szeptember

Felrobbant egy Falcon-9 rakéta. Az Amos-6 műhold tervezett startja előtt végzett statikus teszt alatt történt a baleset, amiben megsemmisült az űreszköz is. A robbanás szeptember 1-jén a floridai Cape Canaveral 40-es indítóállásában történt, amelyet a SpaceX használ a Falcon-9 rakétái startjához. Ezek voltak a Falcon-9-nél az indítások előtt megszokott statikus rakétatesztek előtti utolsó percek. Ilyenkor rövid időre begyűjtják az első fokozat kilenc Merlin-1D hajtóművét, hogy ellenőrizzék, minden rendben működik-e majd a végső visszaszámláláskor is. Most nem működött minden rendben... Idén világszerte ez volt a második starttal összefüggő baleset – amely nem is az indítás alatt, hanem már előtte bekövetkezett. (Az előző napon, augusztus 31-én a kínai Hosszú Menetelés-4C rakétával történt sikertelen indítás.)

A Falcon-9 rakéta orrkúpja alatt volt már az izraeli Spacecom vállalat Amos-6 műholdja. A közel 200 millió dolláros űreszköznek geostacionárius pályára kellett volna állnia, ahonnan feladata televíziós műsorszórás és szélessávú internetes adatátvitel lett volna. A statikus teszt megkezdése előtt 8 perccel, a hajtóanyaggal való feltöltés közben robbanás történt, ami szétvetette a rakétát, a műholdat, és jelentős sérüléseket okozott a startállásban is. A SpaceX szakértői az elkövetkező hónapokban hosszasan vizsgálták a baleset körülményeit. Az eredmény szerint a második rakétafokozatban az üzemanyag megfelelő nyomását biztosító hélium tartálya robbant fel, a problémát egy elvetemedett alátétre vezették vissza. A baleset után megingott a Falcon-9 rakétába vetett bizalom. Pedig számos kereskedelmi megrendelés mellett például a NASA megbízásából a Nemzetközi Űrállomást ellátó Dragon teherűrhajókat, sőt rövidesen akár embereket szállító űrhajókat is kellene pályára állítani ezzel a típussal. Először 2015 júniusában járt szerencsétlenül egy Falcon-9, amikor a Dragon CRS-7 teherűrhajót kellett volna pályára állítania. Azóta a SpaceX sikeresen felújította a repüléseket: tavaly december óta 9 alkalommal használták gond nélkül. A baleset miatt a már lekötött indítások csúszást szenvedtek, a Falcon-9 startjait végül csak 2017 januárjában kezdték újra.

Megvan a Philae – a Rosetta vége. Kevesebb mint egy hónappal a program vége előtt a Rosetta szonda képein sikerült felfedezni az eddig ismeretlen helyen leszállt Philae egységet is. A 67P/Csurjumov–Geraszimenko-üstökös magja körül keringő európai Rosetta szonda szeptember utolsó napján az üstökösmagra „leszállva” végezte be két éve, 2014 augusztusa óta tartó megfigyelési programját. Leszállóegysége, a Philae 2014 novemberében érte el az üstökösmag felszínét – igaz, hogy kalandos körülmények között, nem az előzetesen tervezett helyen landolva.

A leérkezés körülményei miatt a Philae csak három napig tudott működni, amíg az akkumulátorainak töltése tartott, mivel a napelemek nem érte elegendő napfény. Később, 2015 nyarán még sikerült a Rosetta közvetítésével fogni a leszállóegység rádiójeleit. A pontos helyét azonban akkor sem tudták, hiszen a kb. 1 m-es kis szerkezet felfedezéséhez nem volt elegendően finom a Rosetta kamerájának felszíni felbontása. Ez változott most meg, hiszen a program vége felé közeledve az űrszonda egyre közelebb és közelebb kerül az üstökösmaghoz. Így a képek felbontása is javult, 5 cm/pixel is elérhetővé vált. Szeptember 2-án a próbálkozásokat siker koronázta: az OSIRIS kamera a korábbi gyengébb felbontású képeken azonosított egyik lehetséges „Philae-jelölről” egyértelműen bebizonyította, hogy az tényleg a leszállóegység.



A kinagyított részleten jól látszik az űreszköz teste és kivehető a landolásra készült három lába közül kettő. A Philae helyzete nyilvánvalóvá teszi, miért volt nehéz vele a kommunikáció és miért nem

volt elégséges a napelemek teljesítménye. Az egységgel korábban végzett mérések helyes értelmezése miatt is fontos, hogy a kutatók pontosan lássák, hogyan helyezkedik el a Philae az üstökösmag felszínén. Korábban a rádiós adatok alapján néhányszor tíz méteres pontossággal sikerült csak megbecsülni a Philae végső landolási helyét. A mostani sikert hosszadalmas, szinte hiábavalónak tűnő keresés végére érték el, nem sokkal azelőtt, mielőtt – a Rosetta programjának végeztével – örökre lehetetlenné vált volna a leszállóegység megtalálása.

Ahogy a 67P üstökös és vele együtt a Rosetta távolodóban van a Naptól, egyre kevesebb energiát termelnek a napelemek. A fedélzeti tudományos műszerek és alrendszerek működtetése rövid időn belül már lehetetlen lenne. Így az üreszköz vége elkerülhetetlenné vált. Az egyszerű kikapcsolás helyett döntöttek a meglepő manőverről, hogy az üreszközt „leteszik” az üstökösmag felszínére. A maghoz igen közel kerülve, az utolsó órákban így még olyan tudományos mérésekre is lehetőség adódott, amilyenekben korábban nem is reménykedhettek. A Rosetta leérkezését előzetesen szeptember 30-án, magyar idő szerint 12:40 körülre terveztek, plusz-mínusz 20 perces bizonytalansággal. A pontos időpont végül 13:19 lett (ez az információ a Földre érkezésére vonatkozik, a távolság miatt az események mintegy 40 perccel korábban történtek az üstökösnél).

Energetikai szempontból a találkozás sima leszállásnak minősülhetne, hiszen egy sétáló ember sebességével, kevesebb mint 1 m/s-mal érkezett meg a szonda a felszínre. Viszont eredetileg egyáltalán nem arra tervezték, hogy valaha is épségben leszálljon. Így például a nagy napelemtáblái semmiképpen sem bírták ki még ezt a kis sebességgel történő ütközést sem. Így nem csak az energiatermelés válik lehetetlenné, de az adatokat a Földre továbbító nagynyereségű antenna sem mutat már a Föld felé, így kommunikációra sincs többé lehetőség. A rendszereket tehát úgy programozták, hogy kapcsoljanak ki a leérkezéskor. A Rosetta mostantól az üstökös felszínén, némán folytatja útját a Naprendszerben. Ahogy a 2014 novemberében lejuttatott Philae leszállóegysége is teszi már egy jó ideje. A Rosetta üstökösbe vezetésével az ESA rendkívül sikeres programja fejeződött be. Külön öröm, hogy a sikerből magyar űrkutatók is jócskán kivették a részüket. Mind a Rosetta anyaszonda, de főleg a Philae egység készítésében alapvető szerepet játszottak magyar mérnökök és kutatók.

Úton az OSIRIS-REx. Elindult a Bennu kisbolygó felé az „űrporiszívó”, hogy 2023-ra anyagmintát hozzon belőle földi laboratóriumi vizsgálatokhoz. A NASA OSIRIS-REx (Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification, Security, Regolith Explorer)

űrszondája egy Atlas-5 rakéta segítségével indult a floridai Cape Canaveral 41-es startállásáról, szeptember 9-én. A Bennu mintához elődei között említendő az amerikai Stardust, amely a Wild-2 üstökös környezetéből vett mintát és juttatta el a Földre, valamint a japán Hayabusa, amely az Itokawa kisbolygó felszíni anyagából szerzett részecskéket. Velük ellentétben az OSIRIS-REx-szel a terv, hogy ne csak néhány szemcsényi, de legalább 60 g-nyi, vagy akár 2 kg-nyi mintával térjen vissza. Ha mindez sikerül, akkor a Holdról az Apollo űrhajósai által begyűjtött kőzetminták óta ez lesz a legnagyobb mennyiség, amit idegen égitestekről űreszközzel szereztek, földi laboratóriumi vizsgálatok céljára. (Még az OSIRIS-REx repülése alatt, 2020-ban kell visszatérnie a második japán kisbolygómintagyűjtő szonda, a Hayabusa-2 kapszulájának, benne „csak” egy grammnyi anyaggal.) Az OSIRIS-Rex egy újfajta mintavevő berendezést próbál ki, amit igen leegyszerűsítve úgy írhatnánk le: egy robotkar végére szerelt porszívó.



Az űrszonda 2018 augusztusában érkezik a Bennu, a Nap körül a Föld pályájához közel keringő kisbolygó mellé. A közelében tartózkodva felméri a felszínét, megméri a gravitációs terét. Adataiból meghatározzák a legnagyobb kiterjedésében 510 méteres kis égitest tömegét, belső szerkezetét. A Bennu méreteit korábban földi radaros megfigyelések alapján becsülték meg. Valószínűleg felépítése amolyan laza törmelékhalom lehet, ami azt is jelenti, hogy tömege kicsi és így tömegvonzása minimális. Nehéz lenne egy űrszondával leszállni a felszínére, de ez nem is cél. A minta begyűjtéséhez annyi idő is elég lesz, amíg a lassan közeledő OSIRIS-Rex robotkarjával megérinti a felszínt, aztán vissza is pattan a világűrbe.

A legfontosabb események kb. 5 másodperc alatt zajlanak le, miután a szonda már két éven át vizsgálta közlrol a célpontját és a kutatók gondosan kiválasztották a mintavétel helyét. A 3,4 m hosszú kar végén egy olyan, kör alakú fej található, amely nitrogén gázt szabadít fel, amikor eléri a kisbolygót. Ettől a felszín anyagát felveri, a kb. 2 cm-nél kisebb méretű darabkákat pedig eltárolja. A kisbolygótól biztonságos távolságba jutva az űreszköz testét megpörgetik, és ennek segítségével megméri a begyűjtött anyag tömegét. A nitrogén mennyisége elegendő lesz akár három mintavételi próbálkozásra

is, ha nem minden alakul elsőre a tervek szerint. A mintavétel után a szonda nem indul azonnal vissza a Föld felé. Megvárja, amíg a Bennu és a Föld helyzete ehhez a legkedvezőbb lesz, 2021 márciusában. Addig is további mérési adatokat gyűjt a kisbolygóról. Az anyagmintát tartalmazó kapszula végül 2023 szeptemberében landol Utah állam területén.

A Bennu a Naprendszer keletkezésének korai időszakából származó, ősi anyagot őriz. A felszínét borító, szerves vegyületekben gazdag rétegből vett minta tanulmányozása révén a kutatók remélik, hogy közelebb jutnak a bolygórendszer keletkezésének, sőt talán az élethez szükséges „építőkövek” Földre kerülésének a megértéséhez is. Ahogy a holdközveteket, úgy a Bennu kisbolygóról származó mintákat is hosszú évtizedeken át, egyre fejlettebb módszerekkel és műszerekkel vizsgálhatják majd a tudósok.

A Bennu egy földközeli kisbolygó, Nap körüli pályája időnként keresztezi a mi bolygónkét. Hat évenként viszonylag közel kerül hozzánk. A közeljövőben nem jelent ugyan veszélyt a Földre, de a – szükségképpen bizonytalan – pályaszámítások szerint valamikor leghamarabb a következő évszázad vége felé akár veszélyes közelségbe is kerülhet. Ezért kitűnő kutatási célpont ahhoz, hogy többet tudjunk meg mozgásáról, különösen a nem gravitációs eredetű pályaváltoztató hatások mértékéről. Ezzel a tudással felvértezve a következő generációk szükség esetén akár meg is menthetik a Földet egy katasztrofális kisbolygó-becsapódástól – legyen az a Bennu vagy egy más hasonló égitesté.

Közel 9000 műhold a következő tíz évben. Az Euroconsult immár 19. alkalommal adta ki a következő évtized várható műholdas trendjeit bemutató elemzését. A *Satellites to be Built and Launched (over the next ten years)*, azaz „Megépítendő és indítandó műholdak (a következő tíz évben)” című elemzésben megállapítják, hogy az 50 kg feletti kategóriában évente átlagosan 145 műhold indítása várható 2025-ig, ezek összértéke eléri a 250 milliárd dollárt. Amennyiben a fentiekhez hozzávesszük az 50 kg-nál kisebb holdakat, valamint a két tervezett mega-konstellációt (OneWeb és SpaceX), akkor a teljes darabszám megközelíti a 9000-et! Az előző tíz évben az 50 kg starttömeg alatti kategóriában „mindössze” 1480 darab műhold indult, ebből egy (!) volt magyar... A jelentős ugrást okozó 7550 űreszköz összárát tekintve ugyanakkor a 270 milliárd dolláros teljes (tehát 9000 darabra kalkulált) műholdas piacnak mindössze 8%-át jelenti.

A műholdas piacnak még mindig igen jelentős szelete – több mint kétharmada, kb. 193 milliárd dollár értékkel – a kormányzati szektor. A különféle állami megvalósítású polgári és katonai holdak

teljes száma a következő tíz évben eléri majd a 880-at és ez 60(!) ország kormányzatai között oszlik meg. Az ugyanakkor szinte természetes, hogy ennek a kormányzati műholdpiacnak a jelentős része – kb. 85%-a – mindössze tíz országban koncentrálódik, ezek a politikai és katonai nagy- illetve középhatalmak: az Egyesült Államok, Oroszország, Kína, Japán, India és az öt vezető európai ország. A maradék ötven ország ugyanakkor az előző tíz évhez képest a következő tíz évben meg fogja duplázni a pályára küldött műholdak számát, ami így 2025-re (várhatóan) eléri a 200-at. (Ezek mintegy felét – hazai kapacitások híján – más országok gyártják és szállítják.)

Az Euroconsult várakozása szerint a következő 10 évben 40 magáncég 560 műholdja kerül pályára. Ezek nagy része egyszerűen csak kieső kapacitásokat, illetve hamarosan leálló műholdakat fog pótolni. A kereskedelmi műholdak közel kétharmada (300 darab) geostacionárius pályára kerül, ezek 30 távközlési és műsorszóró cég tulajdonát képezik majd. A nem-geostacionárius pályára kerülő 11 (tipikusan távközlési, vagy távérzékelési) kereskedelmi konstelláció pedig évi mintegy 1,6 milliárd dolláros értéket fog képviselni.

2016. október

Jövőre eggyel kevesebb orosz az ISS-en. 2017 márciusától legalább egy éven át tart a költségcsökkentési célú intézkedés hatálya. A Roszkosmosz azután szeretné csak visszaállítani a jelenlegi létszámot, hogy várhatóan 2018 elején üzembe áll az új orosz tudományos kísérleti modul (Nauka, avagy Multipurpose Laboratory Module, MLM) az ISS-en. Az indoklás szerint addig is, amíg főleg az ISS orosz szegmensének fenntartásáról kell gondoskodni, elég egyszerre két orosz űrhajósnak a fedélzeten tartózkodni, nincs szükség a mostani három főre. A Nauka modul startját egy Proton rakétával tervezik, de már többször elhalasztották. Legutóbb 2013-ban kellett volna repülnie, de az Enyergija cég szakemberei hibákat találtak a meghajtórendszerében. A szerkezetet visszaszállították a gyártó Hrunyicsev vállalatához. A most érvényes menetrend szerint 2017 végén vagy 2018 elején állíthatják pályára az autóbusz méretű laboratóriumi modult. Mielőtt hozzákapcsolnák az ISS-hez, a jelenleg a Nauka majdani helyén, a Zvezda kiszolgálómodulhoz csatlakozó Pirsz zsilipegységet leválasztják.

Ha fent lesz a Nauka, a következőkben egy új csomóponti modul és egy napelemes energiatermelő egység repülhet Oroszországból az ISS-hez. A Roszkosmosz és az Enyergija szakértői azt fontolgatják, hogy később a legújabb modulok önálló életre kelhetnek, függetlenül az ISS-től. Jelenleg a nemzetközi bázis működtetésére

2024-ig szól a megállapodás. Ezek képezhetnék egy új, orosz vezetéssel működő űrállomás magját.

Az ISS állandó személyzete normális körülmények közt 6 főből áll. Ez alól kivétel, amikor épp a személyzetcsere zajlik, s a váltás régebbi három tagja már visszatért a Földre, az utánuk következő trió pedig még nem indult el. Az oroszokon kívül a személyzet tagjai amerikai, európai, japán és kanadai űrhajósok közül kerülnek ki. Ha lecsökken az orosz személyzet létszáma, spórolni tudnak a Progressz teherűrhajókkal is: évente négy helyett csak háromra lenne szükség. A Roszkoszmosz a Szojuz űrhajókban felszabaduló helyeket – jövőre legalább kettőt – a partner űrügynökségek számára ajánlja fel, de erről a NASA-val egyelőre még nem folytattak tárgyalásokat. 2018-tól, amikor a remények szerint beindulnak az amerikai magánfejlesztésű emberes űrhajók rendszeres repülései, a NASA az amerikai szegmensben a mostani 3 helyett 4 űrhajós foglalkoztatását tervezi. Így ha az oroszok visszaállnak majd a 3 főre, az ISS teljes állandó személyzete 7 főre bővíülhet.

Még két év a Gale-kráterben. A NASA több sikeres tudományos küldetését újabb két évvel, 2018. szeptember 30-ig meghosszabbította. Ezek közé tartozik az immár négy éve a Mars Gale-kráterében, az Aeolis-hegy lábánál dolgozó Curiosity, amelyik leszállása óta már közel 12 kilométert tett meg a bolygó felszínén. A réteges szerkezetű, mintegy 5 km magas hegy lábánál a Curiosity elsősorban az ősi Mars vízben gazdag környezetének a nyomait, maradványait keresi. Következő célpontja a hegy oldalában húzódó, jelenlegi tartózkodási helyétől két és fél kilométerre lévő, a hematit nevű



vas-oxid ásvánnyal borított hegygerinc (Hematite Unit), valamint a mögötte elterülő, agyagásványokkal borított vidék (Clay Unit). A marsjáró 2012. augusztusi leszállása óta már több mint 180 000 felvételt készített és küldött a Földre. Rendszeresen készít önarcképeket is, amelyek alapján az irányítóközpont mérnökei pontos információt nyerhetnek a szerkezet műszaki állapotáról, például a kerekek erős kopásáról. Eddig 18 alkalommal gyűjtött anyagmintát, ezek közül 14 alkalommal fűrójával a kőzetek belsejéből is mintát vett, amelyeket a laboratóriumában elemzett. A legújabb önarcképe szeptember közepén, a Murray-tanúhegyek lábánál készült, ahol ugyancsak megfúrta a 180 méter vastag Murray-formációt alkotó kőzetet.

A Curiosity e réteg vastagságának már a feléig felkapaszkodott, eközben főként agyagpalát talált, amely az ősi tómederben összegyűlt és lerakódott sárból képződött. Ez az eredmény azt bizonyítja, hogy a krátert egykor kitöltő tó nem átmeneti jelenség volt, hanem hosszú időn keresztül létezett. A most kezdődött, újabb kétéves kutatási időszak első évében a kutatók terve szerint a Murray-formáció felső részét fogják tüzetesebben megvizsgálni. A küldetés esetleges folytatásáról, újabb két évvel történő meghosszabbításáról a kutatók által benyújtandó terv alapján, 2018 nyarán dönt a NASA.

Megérkezett minden adat a Plútóról. A törpebolygó mellett tavaly júliusban elrepült New Horizons szonda mostanra küldte el az utolsó biteket is a Földre. A Naprendszer külső vidékén kifelé tartó amerikai űrszonda elsődleges programja ezzel hivatalosan is véget ért. A New Horizons 2015. július 14-én repült el a Plútó és holdjai közelében, szenzációs tudományos eredményeket szolgáltatva. Az összes, több mint 50 gigabit mennyiségű adat eljuttatása a Földre azért tartott egy évnél is tovább, mert csak alacsony adatátviteli sebesség volt elérhető a nagy távolság miatt. Az átlagos érték mindössze 2000 bit/s volt, de a lesugárzás sem mehetett folyamatosan, hiszen a NASA követőállomás-hálózatának földi antennái sem mindig voltak elérhetők a New Horizons adatai számára, másrészt az űreszközzel végzett manőverek idejére is leállt a kapcsolat.

A hosszú várakozás a terv része volt, a kutatók tisztában voltak vele, hogy a New Horizons fedélzetén tárolt adatokat teljes egészében csak később kaphatják meg. Csak a rend kedvéért, az utolsó bitek október 25-én, magyar idő szerint 11:48-kor jutottak el az irányítóközpontba, a Johns Hopkins Egyetem Alkalmazott Fizikai Laboratóriumába (Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, JHU APL), a Maryland állambeli Laurel városába, méghozzá a NASA követőállomás-hálózatának (Deep Space Network, DSN) ausztráliai, Canberra melletti antennája közvetítésével. A Ralph mű-

szer LEISA infravörös spektrális kamerájának adatai öt órán és nyolc percen át utaztak a fény sebességével a New Horizons jelenlegi, mintegy 5,5 milliárd km-es távolságából.

Az irányítók először ellenőrzik, hogy minden beérkezett adat rendben van-e, azután törlik a New Horizons fedélzetén levő két adattároló egység tartalmát. Ezzel már a szonda programjának meghosszabbítására készülnek, hiszen a Kuiper-öv 2014 MU₆₉ jelzésű, néhányszor tíz km-es átmérőjűre becsült objektuma mellett 2019 első napján repül majd el az űreszköz, 3000 km távolságban. A NASA illetékesei már elfogadták a New Horizons küldetésének meghosszabbítását 2021-ig, amikorra várhatóan a 2014 MU₆₉ adatai is maradéktalanul eljutnak a Földre. Ami a Plútónál végzett méréseket illeti, azok feldolgoása és értelmezése még évekig eltart.

2016. november

Pályán a WorldView-4. Sikeresen pályára állt a DigitalGlobe legújabb, 30 cm felbontású földmegfigyelő holdja. A legújabb VHR (nagyon nagy felbontású) műhold az Egyesült Államok nyugati partján lévő Vandenberg Légitámaszpontból egy Atlas-5 rakétával indult, november 11-én. A fő rakomány mellett az Atlas még hét kis amerikai CubeSatot is pályára állított. A WorldView-4 műhold tervezett keringési magassága 617–681 km, az ehhez tartozó keringési idő pedig 97 perc. Maga a pálya egy olyan napszinkron pálya, mely biztosítja, hogy a WorldView-4 három naponként térjen vissza a Föld azonos pontja fölé. A WorldView-4-et (korábbi nevén GeoEye-2-t) a DigitalGlobe megrendelésére a Lockheed Martin készítette, a cég LM-900 jelű műholdbuszán. A mesterséges hold starttömege 2087 kg, hossza 10 cm híján 8 m, míg legnagyobb átmérője 5,3 m. Tervezett



élettartama legalább 10 év. A pánkromatikus (fekete-fehér) kamera felbontása 31 cm, míg a multispektrális (színes) kamera felbontása 124 cm. Az első hullámhossz-tartománya 450–800 nm, míg a másodiké 655–920 nm. Maga a kamera egyébként egy 110 cm átmérőjű szerkezet. A WorldView-4 elődje, a WorldView-3 még 2014 augusztusában indult, szintén Vandenbergből. A holdak egyenként és naponta akár 680 000 négyzetkilométer felszín képesek felvételezni.

Az előző oldalon lévő képen a WorldView-4 startja látható a Vandenberg Légitámaszpontonról – szokatlan nézőpontból, a már régebb óta pályán levő társa, a World-View-2 bravúrosan időzített felvételén. A WorldView-2 még 2009-ben egy Delta-2 rakétával indult, ugyanerről a kaliforniai starthelyről. A kép a bázishoz képest északkeleti irányból, 637 km távolságból készült, a kamera látóiránya 38°-os szöget zárt be a függőlegessel.

Galileo – négyszer. Egyetlen Ariane-5 rakétával egyszerre négy európai Galileo navigációs műholdat állítottak közepes magasságú Föld körüli pályára. A mostani volt az első alkalom, hogy egy start alkalmával négy Galileo hold indult. Korábban az Európai Bizottság és az ESA közös műholdas navigációs rendszerének tagjait kettesével, orosz gyártmányú Szojuz rakétákkal indították. Ami a műholdakon kívül még változatlan maradt: a francia guyanai Kourou űrközpont, ahonnan eddig a Szojuzok, most pedig az Ariane-5 is a magasba emelkedett. A start dátuma november 17-e volt. Az új műholdnégyes 18 eleműre bővíti a Galileo pályán levő holdjainak számát. Mindegyik Galileo hold 717 kg starttömegű. „Beceneveik” Antonianna, Lisa, Kimberley és Tijmen, az európai országokban korábban rendezett gyermekrajzversenyek győztesei után. Aki még emlékszik a közel öt éve rendezett a magyarországi fordulóra, annak feltűnhet, hogy Lisa éppen a „magyar műhold” neve.

Pályára állt a GOES-R. A legújabb generációs amerikai geostacionárius meteorológiai műholdak első képviselője a floridai Cape Canaveralról egy Atlas-5 rakétával indult, november 20-án. A GOES-R a NASA és a NOAA – vagyis az űrkutatásért, valamint az időjárás-előrejelzésekért felelős amerikai kormányzati ügynökségek – együttműködésében készült. Remélt működési élettartama 20 év. A GOES sorozatban a betűjelek a megépített (vagy például a GOES-Q esetén a meg sem épített, csak tervezett) műholdak sorrendjét jelölik. Ha sikeresen pályára áll és működésbe lép a műhold, megkapja a sorszámát is. A GOES-R esetében ez a 16-os lesz.

A GOES-R-től az eddiginél is pontosabb időjárási előrejelzéseket, az extrém időjárási események (például hurrikánok) jobb nyomon követését várják a szakemberek. Az adatokat a klímakutatáshoz és az űridőjárás megfigyelésére is alkalmazzák. A most felbocsátott űreszköz csak a kezdet, a jelenleg a Föld körül működő amerikai geostacionárius meteorológiai műholdak rendszerének frissítését, a régebbi holdak kiváltását is ilyen modern eszközökkel fogják végrehajtani a jövőben. Az elkövetkező 8 évben még három hasonló startra kerül sor. A NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) bő négy évtizede alkalmaz geostacionárius pályán működő időjárási műholdakat: a GOES-A (GOES-1) 1975-ben indult. Az új generációs GOES-R, -S, -T és -U műholdak a 2030-as évekig biztosíthatják az igényeket, a program 11 milliárd dollárba kerül.

A GOES-R fedélzetén hat műszer végez majd méréseket, a Földet és a Napot figyelve. A legfontosabb ezek közül az ABI (Advanced Baseline Imager). Ez nem kevesebb mint 16 különböző színben érzékeny (a jelenleg szolgálatban levő műholdakon ez a szám még csak 5), ami megkönnyíti az időjárási jelenségek elkülönítését. A műszer felbontásában négyszeres a javulás, vagyis a felhőmintázatokat ennyivel élesebben tudja felmérni. A legjelentősebb javulás mégis a működésének sebességében lesz: a felé eső féltekét az északitól a déli pólusig csupán 5 perc alatt képes teljesen feltérképezni, a jelenlegi 27 perc helyett. Így az ABI a felhőzet mozgását számos látható és infravörös hullámsávban rendkívül jó időfelbontással tudja követni. Adataiból a levegő páratartalmára, a szárazföld és a tengerfelszín hőmérsékletére, a csapadék mennyiségére következtethetnek. Lehetőség lesz „ráközelíteni” egyes fontos zónákra, ahonnan akár fél perces időközönként jöhetnek az adatok (a javulás érzékeltetésére: a jelenlegi műholdaknál ez a legjobb időbeli felbontás 5 perces).

A műholdon repül az első geostacionárius villámtérképező berendezés is (Geostationary Lightning Mapper, GLM). A zivataros területek azonosítása céljából a felhők közötti, valamint a felhők és a felszín közötti villámtevékenységet detektálja nagysebességű kamerájával, Amerika szárazföldjei és a környező óceáni területek felett. Ez utóbbi szolgáltatás igen hasznos lesz a hajózás és a légi közlekedés számára.

A GOES-R több, mint egy földmegfigyelő műhold. A naptevékenységet és a Föld környezetében található nagyenergiájú töltött részecskéket, az űridőjárást is kutatja. Ennek egyre nagyobb a jelentősége, ahogy a társadalom és a gazdaság működése, a navigáció és a távközlés egyre inkább függ a műholdas szolgáltatásoktól.

2016. december

Elveszett a Progressz MSZ-04. Sikertelen volt a legújabb orosz teherűrhajó Bajkonurból december 1-jén végrehajtott indítása az ISS-hez. Az automata teherűrhajón üzemanyag, élelmiszer, ivóvíz, felszerelési tárgyak, kísérleti berendezések, és két új orosz Orlan űrsétaszekafander volt. A háromfokozatú rakétáról mintegy két perccel a start után rendben levált a négy kiürült oldalsó segédrakéta. Később a Progressz teherűrhajót a légköri emelkedés alatt védő orrkúp is levált, ahogyan a feladatát elvégző központi rakétafokozat is. A harmadik fokozatot alkotó RD-0110 hajtómű beindulása után viszont a földi irányítók rövidesen elvesztették a stabil kapcsolatot a hordozóeszközzel és a teherűrhajóval. A későbbi vizsgálatok megerősítették, hogy a Szojuz-U típusú rakéta harmadik fokozata nem működött megfelelően. Az űreszköz nem érte el a Föld körüli pályát, Oroszország déli része fölött mintegy 190 km magasságban repülve belépett a sűrű légkörbe és megsemmisült. Darabjainak legnagyobb része nem érte el a felszínt. A baleset nem veszélyeztette az ISS űrhajósainak ellátását, akik ilyen esetre megfelelő tartalékokkal rendelkeznek a fedélzeten.



Az első siklórepülés.

A Virgin Galactic másodikként megépített SpaceShipTwo gépe sikeresen végrehajtotta első önálló tesztrepülését, egyelőre meghajtás nélkül. Mint emlékeztetés, a SpaceShipTwo első példánya (VSS Enterprise) 2014 októberében próbarepülés

alkalmával balesetet szenvedett, a két pilóta egyike pedig életét vesztette. A majdan űrúgrásokat kínáló Virgin Galactic vállalat így új gép építésébe kezdett, amelyet az év elején mutattak be a nagyközönségnek. A mostani siklórepüléssel próbát követően új szakaszába léphet a program, megint egy kicsit közelebb kerülve a naphoz, amikor megindulhatnak a kereskedelmi alapon szervezett űrúgrások 100 km-es magasság fölé. Érdekes felidézni, hogy az első – a 2014-es balesetben megsemmisült – SpaceShipTwo ugyanezt a siklórepüléses próbát több mint hat éve, 2010 októberében teljesítette.

A SpaceShipTwo második, VSS Unity nevű példánya december 3-án emelkedett a magasba a kaliforniai Mojave-sivatagból (Mojave Air and Space Port), a WhiteKnightTwo hordozó repülőgépre szerelve. A megfelelő magasságot elérve, az indulás után mintegy 50 perccel

most első alkalommal önállósodott a levegőben, majd egyelőre rakétameghajtás alkalmazása nélkül, tíz percig tartó siklórepülésben leereszkedett és rendben landolt a kiindulási repülőtéren. Az első sikeres teszt után még számos (a várakozások szerint 8–15) hasonló következik, mielőtt a rakétás meghajtást is elkezdik kipróbálni. Annak idején a VSS Enterprise a negyedik ilyen tesztrepülés során szenvedett balesetet.

John Glenn (1921–2016). Eltávozott az első amerikai, aki a világűrben megkerülte a Földet. Az első amerikai űrhajóscsapat, az „eredeti hetek” utolsó képviselője volt. Mielőtt a NASA kötelékébe lépett, a tengerészgyalogságnál szolgált pilótaként. Harcolt a II. világháborúban és a koreai háborúban is, ahol kitüntették hősiességéért. A Mercury program hét kiválasztott űrhajósának egyikeként 1959-ben kezdte meg a felkészülést az űrrepülésre. Az amerikaiak közül harmadikként jutott el a világűrbe, és ő volt az első, aki nem szuborbitális repülést hajtott végre, hanem 1962 februárjában a Friendship-7 (Mercury-Atlas-6) fedélzetén megkerülte a Földet. Nemzeti hős lett, ami miatt akkor nem volt esélye újból repülni. Mint jóval később kiderült, mégsem ez volt az utolsó űrutazása. 1998-ban a Discovery űrrepülőgép (STS-95) programjában ugyancsak részt vett. Akkor 77 éves volt, így azóta is – és valószínűleg még egy jó darabig – ő a legidősebb ember, aki a világűrben járt. John Glenn 1964-ben búcsút mondott a NASA-nak, majd nem sokkal később politikai pályára lépett. Nem kevesebb mint 24 éven át volt szülőhelye, Ohio állam szenátora, a Demokrata Párt színeiben. A kilenc napos űrrepülőgépes úton is szenátorként vett részt 1998-ban. A legutóbbi időkben Glenn az emberes Mars-utazás gondolatának aktív népszerűsítője volt.

A kínai űrtevékenység 2016-ban

Szentpéteri László

2016-ban Kína szinte havonta lepte meg a közvéleményt újabb és újabb látványos űrkísérletekkel, új hordozórakéta-indítással, vagy éppen űrállomásuk kifejlesztéséhez szükséges lépésekkel. Bátran kijelenthetjük, hogy az elmúlt év az eddigi legeredményesebb volt az ázsiai ország asztronautikájának történetében.

Hordozórakéták és űrközpontok

A 2015-ben zárult 12. ötéves terv időszakában Kína összesen 86 űrindítást végzett (ebből 19-et 2015-ben), s ezzel biztosan őrizte helyét a világ első három űrhatalma között. Nos, 2016-ban ezt az eredményt kellett túlszárnyalni. Ez sikerült is, hisz összesen 22 start történt, melyből 20 volt teljes siker. (Egy indítás augusztus végén teljes kudarc volt, míg egy másik esetben – az év utolsó indításán – a műholdak a tervezettnél alacsonyabb pályára kerültek.)

A fenti statisztikánál azonban fontosabb, hogy 2016-ban két teljesen új fejlesztésű, modern, környezetbarát hajtóanyagot használó hordozórakéta-típus mutatkozott be, sikerrel. Elsőként júniusban a Hosszú Menetelés-7-et (Long March-7, LM-7, vagy CZ-7) ismerhettük meg. Ennek feladata lesz a 2017-ben bemutatkozó nehéz teherűrhajók (Tiencsou, vagy Tianzhou) indítása. A bemutatkozó repülésen – mintegy mellékesen – kipróbálták a következő generációs űrhajók visszatérő kabinját. Az Apollo kabinra emlékeztető leszállóegység közel 24 órás repülés után landolt az egyik északnyugati-kínai sivatagban.



Az első Hosszú Menetelés-5 (LM-5, CZ-5) rakéta a startállásba gördül

2016 novemberében először indították az LM-5 (CZ-5) rakétát, melynek kapacitása hasonló az amerikai Delta-4 Heavy-hez! A Hosszú Menetelés-5 fontos feladata lesz a 2018-tól építendő, nehéz, moduláris kínai űrállomás elemeinek pályára állítása. A nehézzrakéta akár 20 tonna tömegű berendezést is képes lesz alacsony Föld körüli pályára juttatni. Ezen kívül ezt a rakétát fogják használni a Naprendszer távolabbi részei felé indítandó űrszondák startjánál is. Mindkét rakéta az új, immár negyedik, a júniusi LM-7 starttal bemutatkozott Hajnan (Hainan) szigeti starthelyről, Vencsangból (Wenchang) indult.

Távközlési és navigációs holdak

Kína első mobil kommunikációra szánt űreszköze a 2016. augusztus 5-én Hszicsangból (Xichang), és azonos rakétával indított Tientung-1-01 (Tiantong-1-01). A geostacionárius pályára helyezett hold – a jól ismert Inmarsat rendszerhez hasonló – mobil terminálos összeköttetések megvalósítására szolgál. A szolgáltatási terület magában foglalja Ázsia és az Indiai-óceán jelentős részét, de Afrika, a Közel-Kelet és a Csendes-óceán egyes területeit is. A szolgáltatást a China Telecom biztosítja.

Speciális feladata van a Tienlien-1 (Tianlian-1, jelentése „égi kapcsolat”) műholdsorozatnak. A név remekül kifejezi a család feladatát: biztosítani a folyamatos kapcsolattartást a kínai irányítóközpontok, valamint a kiemelt fontosságú műholdak, űrhajók és űrállomások között akkor is, amikor azok a követőállomások vételi zónáján kívül vannak. Ezt úgy érik el, hogy a Tienlien-1 holdak a Föld Egyenlítője felett húzódó (geostacionárius) pályán egyenletesen vannak elosztva, és a földi állomás és a műhold, vagy űrhajó között átjátszóként (relé holdként) működnek. (Ilyen rendszert épített ki az USA a TDRS, Oroszország pedig a Lucs műholdakkal.) A 2008-ban indított Tienlien-1A, a 2011-es 1B és a 2012-ben pályára került (és globális fedést biztosító) 1C után, a legújabb, a Tienlien-1D 2016. november 22-én startolt. Ennek feladata a műholdrendszer frissítése, hisz az 1A lassan eléri tervezett 8 éves élettartamának a végét.

Az amerikai GPS-hez, az orosz GLONASSZ-hoz és az európai Galileóhoz hasonlóan pontos hely- és időmeghatározó szolgáltatásra képes kínai rendszer a Beidou nevet viseli. A szolgáltatás – 35 műholddal – a tervek szerint 2020-ban válik globális lefedettségűvé. Ez azt jelenti, hogy a Földön mindenütt, minden időben elegendő Beidou hold tartózkodik majd a horizont felett, hogy a jeleiket vevő és feldolgozó berendezések meghatározhassák helyzetüket. Alapesetben, egyetlen vevővel, valós időben a Beidou helymeghatározási pontossága kb. 10 m-es. A rendszer hosszú ideje épül. 2016. február 1-jén egy LM-3C rakéta 21 750 km magas, 55°-os hajlásszögű

pályájára állította a Beidou M3-S MEO holdat, majd március 29-én egy LM-3A indította Beidou IGSO-6 geoszinkron pályás űreszközt. Ezek lettek a rendszer 21. és 22. tagjai (beszámítva a már nem működő, korai példányokat is).

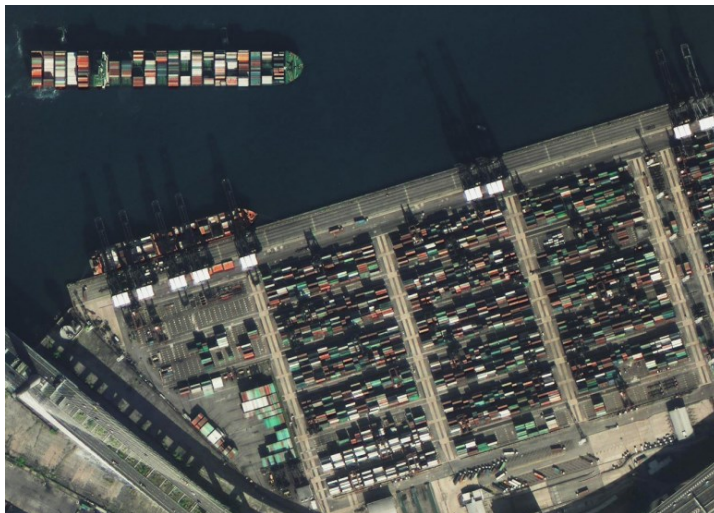
Földmegfigyelő műholdcsaládok

Tajjüanból (Taiyuan) állt pályára 2016. május 30-án a Cöjüan távérzékelő műholdsorozat második tagja (Cöjüan-3-02 / Ziyuan-3-02). Az LM-4B hordozórakétával indított űreszközt nagyfelbontású sztereo képalkotásra és térképezésre fejlesztették. A Cöjüan program még 2008-ban indult, és az első ilyen űreszközt 2012 januárjában indították. A 3-02 jelű, 2630 kg tömegű űreszköz fedélzetén három pánkromatikus kamera repül. A repülés irányához képest előre és hátrafelé néző kamerák felbontása 2,7 m-es, a lefelé nézőé 2,1 m. Az egyszerre feltérképezett sávok szélessége valamivel több mint 50 km. A különböző irányokba néző kamerákkal sztereo felvételezés végezhető, amivel 3D domborzatmodell állítható elő. Negyedik műszerként egy infravörös és multispektrális képalkotó berendezést is elhelyeztek a műholdon, ennek felszíni felbontása 6 m-es. A két műholdból álló rendszerrel az elérhető visszatérési idő kevesebb mint 3 nap, vagyis ugyanarról a területről igen sűrűn tudnak felvételeket készíteni. A Cöjüan-3 holdak 506 km magas, poláris napszinkron pályán keringenek. Becsült élettartamuk 4 év.

A Kaofen-3 (Gaofen-3) 2016. augusztus 5-én, egy LM-4C rakétával startolt Tajjüanból. A C-sávú apertúraszintézises radarral (SAR) felszerelt műhold a Kínai Tudományos Akadémia CS-L3000B típusú műholdplatformjára épült. Az űreszköz (radarberendezésének köszönhetően) 1 m-es felszíni felbontást is elérhet, akár éjjel, akár ködös időben. Ez az ország első polgári célú SAR műholdja, 12 képalkotási módszert tud használni, keringési magassága 740 km, tervezett élettartama 8 év.

Hszicsngból egy LM-3B rakétával december 10-én indult a legújabb kínai geostacionárius meteorológiai műholdcsalád (Fengjün, Fengyun; jelentése „szél és eső”) legújabb sorozatának első tagja, a Fengjün-4-1. A műhold képes függőleges légköri hőmérsékleti és páratartalmi profilok előállítására, villámtevékenységek detektálására. A 4-es sorozatban kétféle műholdat fognak indítani. Az egyiknek az optikai és infravörös, míg a másiknak a mikrohullámú tartományban lesz érzékeny a főműszere. A most pályára került, valamint a 2018-ban és 2020-ban indítandó optikai műholdak 15 percenként fogják (több hullámsávban) végigpásztázni a Föld számukra látható teljes felszínét. A mikrohullámú változatok várhatóan 2022 után indulnak majd, és elsősorban Kína szárazföldi területeit és partvidékét fogják vizsgálni.

Egy másik meteorológiai műholdcsalád (Jünhaj, Yunhai) első tagja is 2016-ban került pályára. November 12-én Csiucsüanból (Jiuquan) emelkedett a magasba az az LM-2D rakéta, amely a Jünhaj-1 (01) holdat állította 700–800 km magas poláris pályára.



Egy Hong Kong-i konténerterminál a SuperView-1 egyik első felvételén

2016. december 28-án megkezdték egy polgári célú, teljes mértékben kereskedelmi hasznosítású műholdkonstelláció kiépítését. Ekkor került pályára a Kaocsing-1 (Gaojing-1), marketing nevén SuperView-1 sorozat két tagja. Tulajdonosuk és üzemeltetőjük a pekingi székhelyű Siwei Star vállalat, a felvételeket pedig a Beijing Space View Technology fogja értékesíteni. A tervek szerint összesen majd 4 műhold kering azonos pályasíkban, a felszín feletti 500 km magas körpályán. A pánkromatikus (fekete-fehér) képek felbontása 50 cm, míg a színeseké 2 méter lesz. A lefedett sáv tipikusan 12 km, de (speciális üzemmódban) lehetőség lesz akár 60 km x 70 km-es egyedi kép készítésére is! S bár a fenti tervek ambiciózusak, a startba komoly hiba csúszott, így a két hold az 500 km-es körpálya helyett csak egy 214 km x 524 km-es ellipszispályára került. Később saját hajtóműveikkel sikeresen megemelték a pályamagasságukat, aminek az árát valószínűleg a tervezettnél rövidebb működési élettartamukkal fizetik majd meg.

Katonai műholdak

Kína, mint katonai nagyhatalom és komoly űrprogrammal rendelkező ország, természetesen üzemeltet kifejezetten katonai célú kozmikus infrastruktúrát is. Ennek részei a különféle katonai feldehárító, adatgyűjtő és hírszerző holdak. Ezek közül 2016-ban kettő ke-

rült pályára. A Jaokan-30 (Yaogan-30) egy LM-2D rakétával startolt május 15-én és 640 km magasan húzódó poláris napszinkron körpályára került, melynek hajlásszöge az Egyenlítőhöz képest 98,1°. Nyugati elemzők szerint a mostani űreszközt hasonló a 2007-ben, 2008-ban, 2009-ben, 2010-ben és 2014-ben felbocsátott elődjeihez. A korábbi öt alkalommal nagy felbontásra képes optikai kéműholdakat indítottak Kinából.

Szintén előre be nem jelentett indítás történt 2016. június 29-én, amikor a csiucsüani indítóhelyről startolt egy LM-4B rakéta a Sicsien-16-02 (Shijian-16-02) műholddal. A Sicsien-16 sorozatból a mostani a második műhold. Az elsőt még 2013 októberében állították pályára. A 600 km magas pályára kerülő űreszköz valószínűleg elektronikus felderítésre, a rádiós kommunikáció lehallgatására készülhetett.

Tudományos célú és kísérleti műholdak

2016. április 5-én startolt a Sicsien-10 (Shijian-10, SJ-10) jelű automatikus űreszköz, melynek visszatérő egysége 18-án Belső-Mongóliában landolt. A programban összesen 19 súlytalansági kísérlet szerepelt. Többek között vizsgálták a folyadékok fizikáját, és végeztek égéssel kapcsolatos, valamint anyagtudományi, biotechnológiai, és a sugárzásnak a növényekre és állatokra gyakorolt hatását vizsgáló kísérleteket. Az egyik legnagyobb érdeklődést kiváltó kísérletben több mint 6000 egérembrió növekedését vizsgálták. A beszámolók szerint ez volt az első alkalom, hogy emlősök embrióival végeztek kísérletet a világűrben. A repülés előtt a legnagyobb kérdés az volt, hogy ezek képesek-e egyáltalán növekedni a tartós súlytalanság körülményei között. A válasz az, hogy igen!



A Sicsien-10 technológiai műhold visszatérő kabinja a leszállás után

A másik, talán még izgalmasabb kísérletben (Soret Coefficient in Crude Oil Experiment) a kőolaj viselkedését tanulmányozták a súlytalanságban. A kísérletek célja, hogy a szénhidrogén-molekulák viselkedését vizsgálják, szimulálva ezzel a több ezer méter mélyen a földfelszín alatt fekvő mezőkben lévő kőolaj egyes tulajdonságait. Arra voltak kíváncsiak, hogyan rendeződnek át a molekulák, a kőolaj különféle összetevői nem egyenletes hőmérséklet-eloszlás mellett. Hat robusztus, henger alakú, titánból készült tartályban egyenként kb. 1 milliliternyi kőolajat helyeztek el, de azt a felszíni légnyomás 500-szorosának megfelelő nyomáson! Így ezek a legnagyobb nyomású minták, amelyek valaha űreszközre kerültek. A tartályok egyik végét melegítették, míg a másikat hűtötték.

A világ első kvantumkommunikációs műholdját 2016. augusztus 15-én egy LM-2D rakéta állította 600 km magasan húzódó poláris (97,8°-os hajlásszögű) napszinkron pályára. A 600 kg tömegű QUESS (Quantum Experiments at Space Scale), más néven QSS (Quantum Science Satellite), vagy „Muzi” a Kínai Tudományos Akadémia fejlesztése. Feladata a Föld és a világűr közötti kvantumkommunikáció gyakorlati kipróbálása, amire eddig még nem volt példa! A QUESS műhold közbeiktatásával két földi állomás közötti adatátvitelt szeretnék megvalósítani kvantumkommunikáció alkalmazásával. Az egyik állomás Kínában, a másik Európában lesz – itt a partner az Osztrák Tudományos Akadémia. A lézeres adattovábbítást használó eljárás során elvben teljesen biztonságos információátvitel valósítható meg. A kvantum alapú kulcsszétosztás alkalmazásakor a lehallgatásra irányuló próbálkozás megváltoztatja a kvantumállapotokat, így a kommunikáló felek értesülnek a külső beavatkozás tényéről. Ez az űrkísérlet tehát nem egyszerűen alapkutatás, de elvezethet a tökéletesen biztonságos, feltörhetetlen kommunikáció gyakorlati megvalósításához, s ennek biztonsági és katonai jelentősége is van. A sikeres lézeres adatátvitelhez egy sor technikai feltételt kell teljesíteni, például az igen pontos műholdkövetést, célzást, a jelek vételét, a kvantum alapú kulcsszétosztást a földfelszíni és a keringő állomás között.

November 10-én egy kisebb, szilárd hajtóanyagú LM-11 rakéta indította Csiucsüanból 500 km magas poláris pályára az XPNAV-1 műholdat. Ez a világ első pulzárnavigációs kísérleti műholdja. Az űreszköz (ahhoz hasonlóan, ahogy autónkkal az ismert pozíciójú GPS-holdakhoz háromszögeljük magunkat) az ismert pozíciójú pulzárkhoz képest végzi helymeghatározását. Ehhez megfelelő referencia a pulzárk óramű pontosságú röntgenfelvillanása. A most először kipróbált eljárás a jövőben hasznos lehet a GPS-holdak kiesése esetén, vagy ha a bemérendő műhold a GPS holdakénál jóval magasabb pályán, esetleg a bolygóközi térben mozog.

2016. december 21-én egy LM-2D rakéta indította Csiucsü-anból a TanSat műholdat. A „tan” jelentése szén – ez utal arra, hogy Kína első olyan űreszközével van dolgunk, amely a légkörben lévő üvegházhatású gáz, a szén-dioxid eloszlását és annak változását fogja mérni. Az 50 kg tömegű, 185 cm x 150 cm x 180 cm méretű műhold fő műszere egy nagyfelbontású spektrométer (CarbonSpec). Ez a közeli infravörös sávban a CO₂ elnyelési színeképvonalait vizsgálja, s ebből lehet majd következtetni a gáz légköri koncentrációjára. A CO₂ mérések pontos (a felhők és légköri aeroszokok hatásának) korrekciójára szolgáló eszköz a CAPI (Cloud and Aerosol Polarimetry Imager). Japán és az Egyesült Államok után Kína a harmadik ország, amely kifejezetten a légköri szén-dioxid monitorozására fejlesztett műholdat állított pályára.

Egy űrlabor, egy űrhajó és két űrhajós

2016. szeptember 15-én állt alacsony Föld körüli pályára a második kínai kísérleti űrlabor, a Tienkung-2 (Tiangong-2). A 8,5 tonnás, 10,5 m hosszú, 3,5 méter legnagyobb átmérőjű és (mindössze) 15 köbméteres élettérrel rendelkező űreszközhöz október 17-én indult a Sencsou-11 (Shenzhou-11) űrhajó. A Sencsou fedélzetén az immár harmadik űrrepülésére indult, 50 éves Csing Haj-peng (Jing Haipeng) parancsnok és az újonc, 37 éves Csen Tung (Chen Dong) utaztak. A terv az volt, hogy végrehajtják az eddigi leghosszabb kínai személyzetes űrrepülést. Az indulást követő 40. órában sikeresen végrehajtott dokkolást követően 30 napig dolgoztak a Tienkung-2 és Sencsou-11 alkotta kísérleti űrállomáson, melynek összes élettere még így is csak 21 köbméter volt! Pont a szűkös hely és az utánpótlás hiánya volt az oka, hogy a kínai szempontból rekord időtartamú repülésre csak két űrhajós indult. (Korábban az előd Tienkung-1-en kétszer is tartózkodott egyenként 3 fős legénység, ám ott és akkor a repülési idő két-két hét volt.)

A Tienkung-2 két kínai űrhajósa kipróbált egy sor olyan eszközt, melyek a jövő nagy kínai moduláris űrállomásán lesznek fontosak. Ilyen volt egy speciális ing, mely viselője szív és keringési rendszerének működését monitorozza, egy speciális futószőnyeg, vagy éppen a levegőben lévő izzadságból, párából, valamint a szennyvízből és a vizeletből ivóvizet előállító tisztító berendezés. Természetesen tudományos kísérletekre is sor került. Vizsgálták haszonnövények (bors, cukkini és tökfélék) növekedését, a selyemhernyók súlytalanságbéli viselkedését és rendszeresen használtak egy kínai-lengyel-svájci fejlesztésű gamma-csillagászati berendezést.

Csing Haj-peng és Csen Tung a sikeres egy hónapos repülés végén rendben leszállt Kína kijelölt részén. Repülésük teljes időtartama 33 nap volt. Azóta a Tienkung-2 magányosan kering és a ter-

vek szerint több űrhajós nem fogja meglátogatni. Egy fontos feladata azért még akad. A tervek szerint 2017 áprilisában indul hozzá egy új, közel 14 tonna tömegű (tehát a Sencsou űrhajóknál jóval nehezebb és nagyobb) automatikus teherűrhajó-sorozat első tagja (Tiencsou-1). Ez automatikus dokkolást fog végrehajtani, majd megkísérlik hajtóművével megemelni a Tienkung-2 pályáját, illetve távvezérléssel üzemanyagot és oxigént átszivattyúzni a Tienkung-2 tartályaiba.



Fantáziaképen a Sencsou-11 (balra) és a Tienkung-2 (jobbra)

S hogy a fenti kísérletek miért fontosak? Nos, a tervek szerint 2018 és 2022 között legalább három, egyenként kb. 20 tonnás egységből (meg még pár kisebbből) kialakítják az első kínai modulűrállomást, melynek össztömege (személy- és teherűrhajókkal együtt) nagyjából 80 tonna lesz. Ezen már folyamatosan fog 2–3 fős személyzet tartózkodni, akiket időről időre egy 3 fős látogató személyzet fog kiegészíteni. Ekkora állomást és személyzetet pedig etetni, itatni és eszközökkel ellátni nagy kihívás. Viszont ha ez a kínai modulűrállomás 2022-re valóban elkészül, és a Nemzetközi Űrállomás (ISS) – ahogy azt ma tervezik – 2024-ben valóban leáll, akkor 2025-től Kína lehet az egyedüli ország, amely folyamatosan személyzetes űrállomást üzemeltet a Föld körüli pályán! Ne feledjük, napjainkban sem az Egyesült Államoknak, sem Oroszországnak – pláne az Európai Űrügynökségnek – nincs jóváhagyott terve a Föld körüli térség személyzetes kutatására a 2025 utáni időszakra.

Sugárdózismérés a Nemzetközi Űrállomáson orosz–magyar együttműködésben – a Főnix kísérletsorozat első eredményei

Strádi Andrea, Szabó Julianna

MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Sugárvédelmi
Laboratórium, Űrdozimetriai Kutatócsoport, Budapest

A versenyképes szaktudásnak és a korábbi sikeres orosz–magyar kutatói együttműködéseknek köszönhetően az MTA EK Űr-dozimetriai Kutatócsoportja már a kezdetekkor jelen volt a Nemzetközi Űrállomás (ISS) dozimetriai műszereinek fejlesztésénél. A méltán híressé vált Pille sugárdózismérő rendszer mellett az elmúlt években több projekt keretein belül volt és jelenleg is van szerencsénk részt venni a dózisterhelés vizsgálatában, mind az európai Columbus, mind az orosz modulok belsejében. Jelen összefoglalóban az Orosz Tudományos Akadémiával és az oroszországi Szövetségi Orvosbiológiai Ügynökséggel együttműködésben folyó Főnix elnevezésű kísérletsorozat első eredményit mutatjuk be.

A Főnix program 2014-ben indult azzal a céllal, hogy biológiai minták sugárérzékenységét vizsgálják űrbéli körülmények között, nyomon követve a genetikai állományban bekövetkező változásokat és a túlélési statisztikát [1]. Lévéen az űrben lényegesen nagyobb terhelésnek van kitéve az élő szervezet, mint a Földön, ezért a projekt eredményei jelentős mértékben hozzájárulhatnak az űrutazók egészségének védelmére irányuló kutatásokhoz. Korábbi mérésekből tudható, hogy az ISS fedélzetén az ionizáló sugárzásból származó dózis a földi háttér százszorosa is lehet [2, 3, 4].

A csontvelő sejteket és szárított limfocitákat tartalmazó mintatartó csövekből és a passzív (energiaellátást nem igénylő) doziméterekből álló kísérleti összeállításokat (1. ábra) az ISS orosz szegmensének három moduljában helyezték el, melyek funkciójukból adódóan különbözőképpen árnyékoltak a sugárzással szemben.



1. ábra: A Főnix program kísérleti egysége. Alul, a mintatartó csövekben sejt kultúrák, míg a fedélen a négyszögletes csomagokban a magyar és az orosz fél sugárdózismérő detektorai foglalnak helyet. (Fotó: IBMP)

A szerviz modul a kozmonauták által leginkább látogatott, ezért nagyobb védeettséggel rendelkezik, míg a két kutatómodul, az MRM-2 (Poiszk) és a Pirsz kevésbé árnyékolt. Előbbi a szerviz modulhoz zenit, utóbbi nadir irányban kapcsolódik (2. ábra). A Pirsz szegmens a Progressz teherűrhajók dokkolására szolgál, így egy légszilippel is rendelkezik, ezért érthető módon itt várható a legnagyobb dózis. Annak érdekében, hogy a hosszabb távú kitettség hatásait nyomon kövessék, két éven keresztül fél éves időközönként visszaszállítanak egy-egy mintát és dozimétert a földi laboratóriumba, ahol elkezdődhet a kiértékelési munka. Az első, fél éves fázis dozimetriai eredményeinek publikálása 2016 végén vált lehetővé [5].

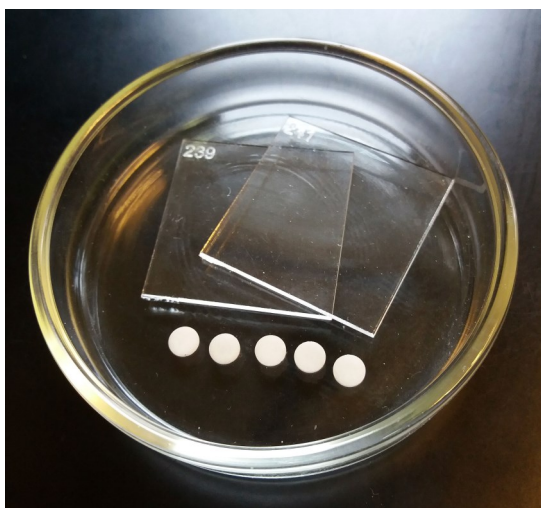


2. ábra: A Nemzetközi Űrállomás orosz szegmensei: zenit irányban az MRM-2 (Poiszk), a Föld felé, azaz nadir irányban a Pirsz, az űrállomás végében (jobbra) pedig a szerviz modul látható. (Fotó: Roszkoszmosz)

A passzív doziméterek mérési elve

A kísérletsorozatban használt szilárdtest nyomdetektorok és termolumineszcens detektorok (TLD) az elnyelt dózis mérésére alkalmasak és az áramellátást nem igénylő, ún. passzív eszközök közé tartoznak (3. ábra). A TLD-k olyan kristályos anyagokból készülnek, esetünkben lítium-fluoridból, melyekben sugárzás hatására reverzibilis változások történnek a kristályszerkezetben. A detektorok laboratóriumban történő kiolvasása során a fokozatosan növelt hőmérsékleten a kristályrács visszarendeződik és eközben az elnyelt dózissal arányos mennyiségű fényt bocsát ki, amely jól mérhető. A TLD-k nagy előnye, hogy hőkezelést követően újra felhasználhatók.

A nyomdetektorok vékony, átlátszó műanyag lapkák, melyek felületén apró lyukakat hoznak létre a becsapódó részecskék. Ezeket kémiai kezelés segítségével (nátrium-hidroxid oldatban való maratás) fénymikroszkóppal látható méretűre lehet felnagyítani. Az így kialakult nyomok geometriai paramétereinek (pl. átmérő, hossz, mélység) mérésével és az adatok megfelelő feldolgozásával következtethetünk a részecskék fajtájára és energiájára, ezáltal a detektort ért dózisa.



3. ábra: Passzív dózismérők. Felül a nyomdetektorok, alul a termolumineszcens dózismérők láthatók

Az elnyelt (abszorbeált) dózis számításakor sok esetben a különböző komponensek egy-egynyi 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-tel rendelkező sugárzásra érzékenyek. Az általunk mérhető teljes, vízre vonatkoztatott, $1000 \text{ keV}/\mu\text{m}$ alatti LET tartományra értelmezett dózist a két detektortípus eredményeinek konvolúciójával kapjuk meg [6].

Úridőjárási körülmények a Főnix program kezdetén

A kísérlet megkezdése egybeesett a jelenlegi, 24. napfoltciklus legintenzívebb időszakával. Ez az átlagosan 11 éves periódusokban ismétlődő jelenség a napfelszín mágneses aktivitásának legszembe-tűnőbb jelei, az ún. napfoltok számának változásában nyilvánul meg. A napfolttevékenység kísérői a flerek, vagy koronakitörések, amelyek következtében nagyenergiájú töltött részecskék dobódnak ki. Annak ellenére, hogy az aktuális ciklus az utóbbi száz év leggyengébbje volt, a földközeli úridőjárási viszonyokra, tehát a bolygónk mágneses tere által eltérített és befogott töltött részecskékből álló környezetére jelentős hatással volt. Ezen változások mérését végzi a GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites) műholdcsalád. A töltött részecskék mennyisége azonban nem csupán a naptevékenység erősségétől függ, hanem az adott üresköz földfelszínhez képesti magasságától is. Az alacsony Föld körüli pályán, 400 km körüli magasságban keringő ISS időről időre áthalad a dél-atlanti anomália területén, amely a mágneses tér által befogva

tartott nagyenergiájú töltött részecskék 200 km magasságig lenyúló övezete. Mivel ez a tér a Földtől távolodva kúpszerűen kiszélesedik, ezért minél magasabb pályán halad az ISS, annál hosszabb úton bombázzák az itt befogott részecskék. A Főnix program első fázisában, 2014 novembere és 2015 júniusa között az űrállomás a korábbi évekhez képest viszonylag nagy, 415 ± 5 km-es távolságban keringett.

Űrdozimetriai szempontból lényeges összetevői a sugárzási térnek a galaktikus eredetű részecskék is, melyek többnyire közel fénysebességgel haladó, elektronjaiktól megfosztott atommagok. Ezek mennyisége térben és időben nagyjából állandónak mondható és mivel jelentős áthatoló képességgel rendelkeznek, az űrállomás anyagában magreakciók során szignifikáns mértékű másodlagos sugárzást is létrehozhatnak.

A modulokban tapasztalt dózisviszonyok

Az előzőekben említett különféle részecskék különböző mennyiségű energiát adnak le az anyagban megtett útjuk során, így teljes körű mérésüket széles LET tartományban érzékeny detektorokkal lehet elvégezni. Erre alkalmas a kombinált, TLD-kból és nyomdetektorokból álló mérőegység, amelyet az orosz és a magyar fél is alkalmaz. Habár e két doziméter egység igen hasonló, a csoportok által alkalmazott kiértékelési módszerekben van némi különbség, így lehetőség nyílt a párhuzamos mérések révén e módszerek összevetésére is.

A kapott eredmények azt mutatják, hogy nagyságrendileg a feltételezett árnyékolási viszonyoknak megfelelően alakultak a dózisok. Mindkét csoport a Pirsz modulban mérte a legnagyobb értékeket és a szerviz modulban a legkisebbeket. Az irodalomban fellelhetőek az ugyanezen modulokban a 23. napfoltciklus végén [2] és a 24. ciklus elején [3], e periódusok legcsendesebb időszakában mért abszorbeált dózisok, amelyekhez képest jelentősen megnövekedett értékeket tapasztaltunk: 25%-kal nagyobb dózist (265 ± 36 μ Gy/nap) a szerviz modulban és több mint kétszeres dózist (732 ± 2 μ Gy/nap) a kevésbé árnyékolt Pirszben. Az eltérés oka egyrészt a jóval aktívabb naptevékenység, így jelentősen több nagyenergiás töltött részecske, valamint az említett időszakokhoz képest közel 40 km-rel nagyobb keringési magasság lehet. Kodaira és kollégái 2007 és 2009 között a Pirsz modulban végzett méréseik alapján már kimutatták, hogy 20 km pályamagasság-növekedés 70%-os növekedést okoz a teljes abszorbeált dózisban [3].

Az abszorbeált dózis az anyag egységnyi tömegében elnyelt energiát adja meg, amit esetünkben vízre értelmezzünk, hiszen az emberi szövetek legnagyobb része is ebből áll. Annak érdekében,

hogy a különböző lineáris energia transzfer értékekkel rendelkező, ezáltal más-más biológiai károsító hatással bíró részecskék élő szervezetre jelentett veszélyét meghatározzuk, a dózisegyenértéket is kiszámítjuk (ezt úgy kapjuk, hogy a LET-től függő ún. minőségi tényezővel megszorozzuk az elnyelt dózist). Ennek alapján a Főnix program első fél évében a doziméterek mellett helyet foglaló sejtkultúrák a szerviz modulban nagyjából 0,7 mSv/nap, az MRM-2-ben 0,8 mSv/nap, míg a Pirsz modulban 1,6 mSv/nap dózist kaptak. Összehasonlításképpen a földi természetes eredetű háttérsugárzás értéke átlagosan 2,4 mSv/év. Ennél természetesen jóval nagyobb a foglalkozási sugárterhelésre vonatkozó korlát, ami az ESA űrhajósai és az orosz kozmonauták számára egész karrierjük során nem haladhatja meg az 1000 mSv-et [7]. Amennyiben tehát egy űrhajós mindvégig a Pirsz modulban tartózkodott volna a fél éves vizsgált időszak alatt, akkor a dóziskorlát közel egyharmadával egyenértékű sugártelelés érte volna.

Összefoglaló

A Főnix kísérletsorozat első, dozimetriai tárgyú eredményei alátámasztják, hogy a sugárterhelés monitorozására minden körülmények között szükség van, lévén egy üreszköz dózistere annak árnyékolása mellett számos tényezőtől, így a naptevékenység változó intenzitásától és a szintén nem állandó keringési magasságtól is jelentős mértékben függ. A projekt további részében a biológusok vizsgálatai és a dozimetriai tapasztalatok összevetése segítségül szolgálhat a bonyolult kozmikus sugárzási viszonyok biológiai hatásainak megértéséhez.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény szerzői köszönetüket fejezik ki a kutatómunka során nyújtott szakmai segítségért Pálfalvi Józsefnek, valamint hálaival tartoznak a részvételi lehetőség felajánlásáért az Orosz Tudományos Akadémia Orvosbiológiai Problémák Intézetének (IBMP).

Irodalomjegyzék:

- [1] Karganov M.Y. et al. (2017): The "PHOENIX" Space Experiment: Study of Space Radiation Impact on Cells Genetic Apparatus on Board the International Space Station. Journal of Physics: Conference Series, 784, 012024
- [2] Ambrožová I. et al. (2011): Monitoring on board spacecraft by means of passive detectors. Radiation Protection Dosimetry, 144 (1-4), 605
- [3] Kodaira S. et al. (2013): Analysis of radiation dose variations measured by passive dosimeters onboard the International Space Station during the solar quiet period (2007-2008). Radiation Measurements, 49, 95
- [4] Berger T. et al. (2016): DOSIS and DOSIS 3D: Long term dose monitoring onboard the Columbus Laboratory of the ISS, Journal of Space Weather and Space Climate, 6, A39
- [5] Strádi A. et al. (2017): Comparative radiation measurements in the Russian segment of the International Space Station by applying passive dosimeters. Radiation Measurements (doi:10.1016/j.radmeas.2017.01.018)
- [6] Hajek M. et al. (2008): Convolution of TLD and SSNTD measurements during the BRADOS-1 experiment onboard ISS (2001), Radiation Measurements, 43, 1231
- [7] Cucinotta F.A. (2010): Radiation risk acceptability and limitations. <https://three.jsc.nasa.gov/articles/AstronautRadLimitsFC.pdf>

Obsztanovka – Földi környezetismeret

**Nagy János, Balajthy Kálmán, Horváth István,
Sódor Bálint, Szalai Sándor, Lipusz Csaba, Vizi Pál Gábor**

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

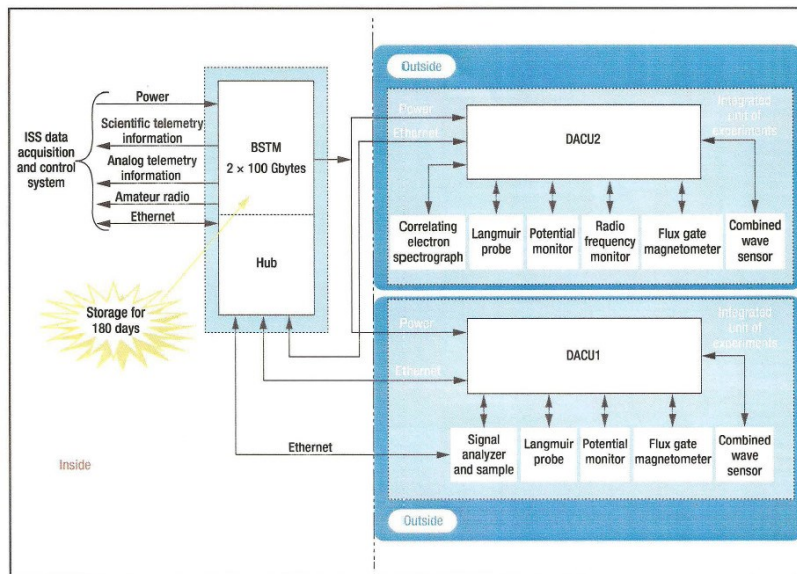
A Föld közeli világűr térségének felfedezése, vizsgálata segít minket abban, hogy jobban megértsük Naprendszerünket. A Föld környezete komolyan befolyásolja mindennapi életünket a távközlés, időjárás-előrejelzés és a Föld egyéb megfigyelése közben [1]. A megoldás érdekében megtervezhettük az Obsztanovka (Környezet) kísérlet fedélzeti adatgyűjtő berendezését a Nemzetközi Űrállomás (International Space Station, ISS) orosz szegmensének fedélzetére.

Az Obsztanovka kísérlet tervezésében kilenc csoport vett részt különböző országokból, tizenegy műszer alkalmazásával tanulmányozták, hogyan befolyásolja a Nap a magnetoszférát és az ionoszférát, valamint ezáltal a Föld időjárását. Az érzékelők és az adatgyűjtés vezérlése automata szoftver segítségével és földi parancsokkal valósult meg. A tervezés során a fejlesztést irányító bizottság különleges követelményeit is figyelembe kellett vennünk. Súly-, méret- és energiafelhasználás-korlátozások mellett a rendszernek extrém hőmérsékleteket, nyomást és vibrációt kellett elviselni. A követelmények vonatkoztak a fedélzeti elektronikus interfészekre és a tápegységre, továbbá az elvárt várható sugárzási és ionizációs kitettség a földinél tízszeresen nagyobb. Ahhoz, hogy a költségeket elfogadható szinten tartsuk, ipari minősítésű, katalógusból kapható alkatrészeket választottunk, miután alaposan teszteltük a mechanikai és hőmérséklettűrő viselkedésüket.

Repülő hardver és szoftver

Az Obsztanovka rendszer három számítógépet tartalmaz (1. ábra). A BSTM (Block Storage of Telemetry Information Unit, telemetria információ blokk tárolója, ld. a 2. ábrát), amelyet az ISS belsőjében helyeztek el, biztosította a kapcsolatot a távközlési berendezésekkel. Kapcsolatban állt az űrállomás külső falán levő két DACU egységgel (Data Acquisition and Control Units, adatgyűjtő és vezérlő egység). Egy-egy DACU hatot vezérelt a tizenegy érzékelő közül, a másik DACU a maradék öt érzékelőt; egyúttal redundanciát, azaz többszörözést biztosítva.

A számítógépek ipari minősítésű PC/104 kompatibilis processzor kártyákon alapultak. A kártyákat elláttuk az űrbéli tevékenységhez szükséges kiegészítőkkel, hűtőbordákkal, szerkezeti megerősítéssel.

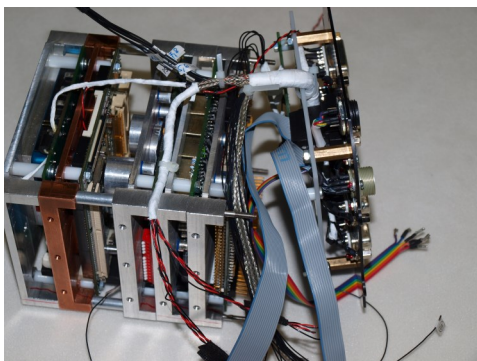


1. ábra

sítéssel és impregnálással, valamint kicseréltük az érzékeny alkatrészeket. E kártyák használatával az érzékelők és a telemetria interfész fejlesztésére összpontosíthattunk.

A távközlési csatorna átviteli képessége és az oroszországi láthatósági feltételek korlátozottak voltak, ezért csak az adatok 10%-ának leküldésére volt mód. A maradék adattömeg egyenként 200 GByte-os eltávolítható merevlemezekre került, ezeket a kozmonauták szállították vissza a Földre hathavonta. A tárhely a lemezen az érzékelők adatai és a számítógépek fedélzeti információi között lett felosztva. Minden eszközre napi 80 Mbyte kiosztott tárhely jutott, a fel nem használt napi adag naponta arányosan újra felhasználhatóan szét lett osztva az érzékelők adatainak arányában. Az adatok az ISS órajelével lettek elmentve, amely a földi pontos idővel szinkronizált. Ez alapján az adatok mérési helye a felszínhez viszonyítva 200 méteres pontossággal rekonstruálható maradt.

Annak érdekében, hogy biztosítsuk minden hardverelem ellátottságát pontos idővel, egy valós idejű (real-time) Linux működtető rendszert választottunk, amely a SUSE 8.1 Linuxon alapult. Ezt a Linuxot a www.kernel.org-ról származó 2.4.19-es real-time kernellel egészítettük ki és egybeépítettük az RTLinuxszal. Speciális igényrendszerünknek megfelelően újraserkesztettük, így csak a legszükségesebb rendszerelemeket tartalmazta a minimális memória-felhasználás érdekében, hogy minél több memória-felhasználási lehetőség maradjon a mérések számára.



2. ábra

A hardverelemeket az operációs rendszer kernelébe töltött real-time taszkokon keresztül kezeltük. Ezek a programok magas prioritásúak és megszakításokat képesek kezelni. Képesek Linux szintű programoktól adatokat átvenni vagy küldeni, mindezt valós idejű FIFO-kon keresztül (first-in first-out queues). Az adatok a számítógépek között Ethernet IP-n kerültek át. Szerver oldalon egy program egy porthoz kapcsos-

lódik, és várakozik a kliensre, hogy felépítsen egy kommunikációs útvonalat ehhez a csomópont-hoz. Amikor a szerver adatot küld, a kliens elfogadja az adatot és fordítva. A lényeg, hogy számos kommunikációs útvonal létezhet egyszerre.

A tudományos és fedélzeti adat FIFO használatával került a Linuxhoz. A program „read_send” két párhuzamos szálon dolgozik, az egyik kiolvassa a FIFO-ból az adatokat és eltárolja egy cirkuláris pufferben. A másik szál létrehoz egy kommunikációs útvonalat a BSTM felé, mint egy IP szerver, és ezen át küldi az adatokat. Ez az szál tartja karban a kommunikációs útvonalat, észleli a meghibásodásokat és visszaállítja az útvonalat.

A fedélzeti adat, amely az eszköz és érzékelők állapotáról tartalmaz információkat, magas prioritású és letöltődött a Földre. Mindezen adatok alapvető információt szolgáltatottak a működés összességéről és elemzésük biztosította a lehetőséget a szükség szerinti beavatkozásra, bár az operátor lehetőségei korlátozottak. Ha egy érzékelőnek problémája akadt, például magas hőmérséklet vagy rendellenes áramfelvétel, akkor az operátor egy távparancs segítségével ki- és bekapcsolhatta. Az érzékelők különböző működési módokban lehettek, mindegyik más-más adatsebesség-tartományban.

A rendszer tervezése

A rendszer tervezése során ketten főleg a hardveren dolgoztak, a többiek négyen pedig a szoftveren. A tervezés, megvalósítás, tesztelés és dokumentálás több évet vett igénybe. A tervezés 2003 márciusában kezdődött. A legnehezebb munka a pontos követelmények begyűjtése volt a különböző résztvevőktől. Miután meghatároztuk az adatmennyiséget, a mintavételi arányt és a fizikai interfészeket, véglegesítettük a hardver- és szoftverkövetelményeket. Az érzékelő és adatgyűjtő rendszer ezredmásodperces válaszidőt igényelt, amit következetes real-time operációs rendszerrel lehetett biztosítani.

Az RTLinuxot választottuk költségvetési szempontok alapján, mivel ingyenesen elérhető és jól támogatott. A példaprogramjai alapján viszonylag rövid idő alatt meg tudtuk tervezni a szükséges meghajtó programokat. Az egyetlen probléma a közvetlen memóriaelérés interfésszel volt a betölthető kernel modulban. Belekerült néhány hétbe, míg megismerkedtünk a virtuális és fizikai címek feltérképezésével. A fejlesztés C nyelven folyt, fejleszteni és tökéletesíteni is több nekifutásban volt lehetőségünk, mivel az indítást több alkalommal is elhalasztották.

A repülő szoftver RAM-ban futott. A betöltő eszköz egy EEPROM kártya volt. A boot process közben egy RAM diszk készül, a betöltő eszköz tartalma bemásolódik ide, majd a real-time operációs rendszer felépül a real-time applikációkból. Egy példa: az Obsztanovka analóg jel mintákat küld folyamatosan 100 kHz-ig. Egy pontos mintavételező frekvenciát karban kell tartani, mivel az adatvesztés nem engedhető meg. Ezt a követelményt csak egy kernel modulal valósíthatjuk meg, amelyik közvetlen memória-hozzáféréssel, valamint kétszeres átmeneti tárolási képességgel rendelkezik. A PC104-s kártya eredetileg nem rendelkezett ilyen lehetőséggel és máshol sem találtunk kézenfekvő kész megoldást. Így mi adtunk egy real-time kernelt a SUSE Linuxhoz, amint már említettük. Egy kollégánk beillesztette a meghajtó szoftvereket a módosított Linuxba. Ez a művelet végül több hónapot vett igénybe, de a befektetés úgy tűnik, megtérült.

A felhasználói taszkok ebben a sorrendben valósultak meg: kiszolgáló-kliens taszkok az Ethernet kommunikációhoz a TCP/IP felhasználásával, taszk-taszk kommunikáció a FIFO használatával és taszk-driver kommunikáció a real-time FIFO-k alkalmazásával. A modul és interfész tesztek azonnal megtörténhettek, amint elkészültünk a megfelelő programpárossal a kommunikációs taszk mind a küldő, mind a fogadó oldalán.

A teszt hardver és szoftver

A tervezést és tesztelést egy földi ellenőrző berendezéssel valósítottuk meg (Electrical Ground Support Equipment, EGSE), amely mind a BSTM, mind a DACU interfészeket tartalmazta. Ez a szerelést, egyesítést és a végső ellenőrzést is támogatta. Az Obsztanovka teljes ellenőrző átvizsgálása számos működési egységet igényelt, mint tápegységek, kommunikációs csatorna szimulátorok, fedélzeti Ethernet, egy amatőrrádió-csatorna, egy egybites adatgyűjtő rendszer és egy analóg megfigyelő rendszer.

Az EGSE rendszer szimulálta a kísérletek adatforgalmát és az ISS fedélzeti berendezése kapcsolódott a BSTM-hez és a DACU-hoz.

Két fő részből állt:

- egy felhasználói interfész (User Interface, UI) számítógépből,
- egy jelszint szimulátorból (Signal Level Simulator, SLS), egy embedded PC/104 számítógépből, amely az adatforgalmat állítja elő real-time.

Az EGSE készülékek a kereskedelemben kapható asztali baby majd barebone típusú számítógép házakban kerültek kialakításra számos speciális illesztést hozzáadva. Ilyenek a speciális hátlap kialakítása, a fedélzeti hordozható merevlemez mechanikus illesztése, a földi használatban nem szabványos, ám az ISS orosz szegmensén használt csatlakozók illesztése. Az Ethernet kapcsolatot tehát nem szabványos csatlakozókon kellett megvalósítani, amihez a megfelelő illesztést ki kellett alakítani és ennek megbízhatóságát hosszú távon tesztelni.

Egy kereskedelemben kapható felhasználói interfész komputert (UI) használtunk. Ez megjelenítette az ISS fedélzeti rendszeréhez küldött adatot, engedélyezte a tápegységek közti átkapcsolást, valamint parancsokat és paramétereket küldött a kísérletekhez, ezáltal felhasználói beavatkozást téve lehetővé. Az UI Windows-szerű ablakozós grafikus felület volt.

Az UI számítógép és SLS közötti kommunikációhoz Ethernetet alkalmaztunk, hogy a tesztelt rendszer távvezérlését lehetővé tegyük. Mindegyik interfész egy galvanikusan leválasztott SLS jelszint szimulátor dobozban lett elhelyezve, elkerülendő a földhurkok kialakulását. Az SLS RTLinuxot használt. A low-level-signal szimulátor doboz szintén eltávolítható hordozható merevlemezt tartalmazott, mint a BSTM esetén. Ez a telemetria adatok offline kiolvasását tette lehetővé, továbbá a mérésvezérlés továbbítását az ISS felé.

Az UI felhasználói interfész szoftvere biztosította a földi ellenőrző (EGSE) rendszernek, hogy végrehajtsa és analizálja a fedélzeti és tudományos adatokat egyrészt real-time, másrészt offline (kapcsolat nélküli) módban, a lementett adatokból visszaállítva. Az ISS-re leszállított hardver konfiguráció rendelkezett egy kisebb tárolókapacitással, amely feladata csak az átmeneti adatok fogadása volt. A teljes mért adat egy eltávolítható hordozható merevlemezre került. Az EGSE olvasta és elemezte ki a merevlemezekben tárolt adatokat.

A megfelelő SLS modulok tervezése párhuzamosan történt a repülő szoftver tervezésével, mivel szimulálnunk kellett egy külső interfészt. Az így létrehozott mindösszesen 28 modul körülbelül nyolcezer sorból állt elő.

Az UI egy végrehajtható program. A forrásprogramja 11 656 programsorból áll, hét fájlban, továbbá számos grafikus objektumból és szabványos LabWindows/CVI függvényekből. A teljes végrehajtható kód meghaladta a 10 Mbyte-ot.

Feljuttatás a Nemzetközi Űrállomásra

Egy Progressz teherűrhajó szállította az Obszتانovka berendezéseit az ISS-re 2013 februárjában. A 3. ábra az egyik berendezés felszerelését mutatja a Nemzetközi Űrállomás külső felszínére. A rendszer két évig folyamatosan működött, mígnem az egyik külső alkatrész váratlanul leállt egy nagy napkitöréssel egyidejűleg, és nagy valószínűséggel ez a napaktivitás okozta a meghibásodást. Más meghibásodás is történt, de a kozmonauták kiértékelés céljából visszaszállították a merevlemezt a tudományos adatokkal.



3. ábra

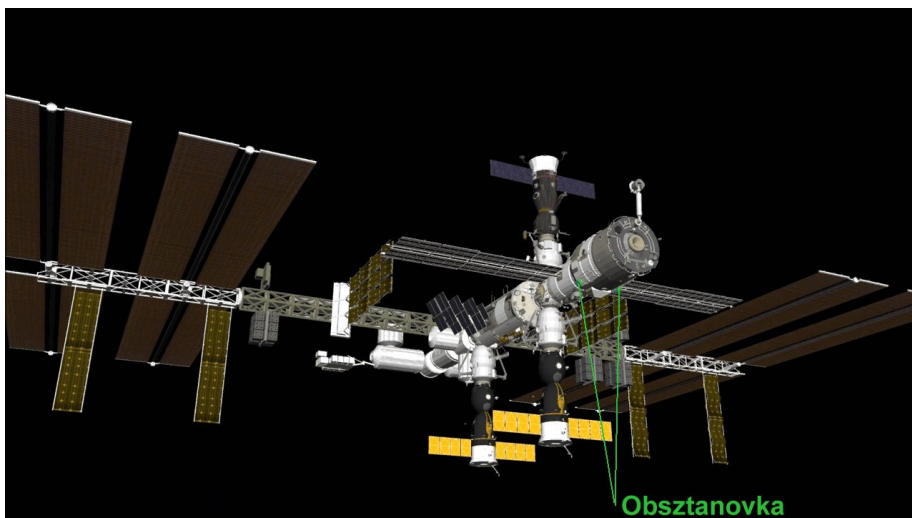
Meglepetésre az Obszتانovka felfedezte, hogy az elektromos hálózatok 50 vagy 60 Hz-es jele megjelenik a Föld körül keringve mért elektromos és mágneses jelekben. Továbbá az Obszتانovka Langmuir-kísérletének mérései alapján feszültség érzékelhető az ISS és annak plazmakörnyezete között 0 és 25 V közötti értékekben [2]. Ez az átlagosan észlelhető potenciálkülönbség élesen megváltozik napfogyatkozások és geomágneses viharok alkalmával. Valamint az Obszتانovka felfedezett egy ritka erős, gyorsan változó mágneses anomáliát a Föld néhány helyszíne felett, mely változás eredete egyelőre nem ismert. Végül az Obszتانovka megvizsgálta a felső atmoszférát a földi villámlások által kibocsátott szélessávú impulzusok révén. Ezeket az impulzusokat whistlereknek, azaz füttyöknek hívják, amelyek behatolnak az ionoszférába és a magnetoszférába, miáltal nagy távolságokba eljutnak a Föld körül.

Az Obszتانovka jövője

Az Obszتانovka kísérletben szerzett gyakorlatunkon alapulva tervezzük az Obszتانovka-2 (Trabant = kísérő vagy társ) kísérletet, amely eltérő felépítésű lesz, és a tervek szerint további szenzorokat tartalmaz. Az architektúra napelemet és speciális vezeték nélküli telemetria csatornát kap, mivel az egyik DACU-t és érzékelőt tartalmazó egység úgy kerül egy távolabbi helyre felszerelésre, hogy közöttük kábelezés nem lesz megvalósítható. Tehát vezeték nélküli kommunikáció és saját napelemes energiaellátás fogja biztosítani a kapcsolatot a távoli egységek között.

A Föld környezetismerete – ismeretterjesztés

Az Obszتانovka kísérlet mérései és eredményei kifejezetten alkalmasak az ismeretterjesztésre, a Föld különleges és érzékeny létének bemutatására. Mennyire hat a Földre a kozmikus környezete, a



4. ábra

Nap és annak hatásai, például a napszél és napkitörések? Több cikk jelent meg az Obsztanovkáról impakt faktoros és további tudományos folyóiratokban. Felkérést kaptunk több helyről ennek bemutatására, számos előadást tarthattunk például az MTA Sokszínű fizika programja keretében és az MTA Wigner Kutatóközpont látogatóinak.



youtu.be/gMy86_r61no

5. ábra

A Planetárium kiállítási vitrinjében megtalálható az installációnk, melyet interaktívan induló bemutatóval telepítettünk (4. ábra). Valamint QR kódos linkekkel láttuk el a tárlót, ezáltal okostelefonon, akár otthon is többször megnézhető videókat tettünk elérhetővé (5. ábra). A MANT Űrtan évkönyvében is lehetőséget kaptunk az Obsztanovka kísérlet és munkánk bemutatására, amit ezúton is köszönünk.

Irodalom:

- [1] Nagy J., Balajthy K., Szalai S., Sódor B., Horváth I., Lipusz Cs. (2016): Obsztanovka: Exploring Nearby Space, IEEE Software, 33, 101 (doi:10.1109/MS.2016.91)
- [2] Kirov B. et al. (2015): Langmuir Probe Measurements aboard the International Space Station. Proc. Solar and Solar-Terrestrial Physics Conference 2015, St. Petersburg, Russia, 5-9 October 2015

A Kepler-űrtávcső K2 küldetésének új eredményei – A kisbolygókat elnyelő fehér törpétől a naprendszerbeli égitesteken át a mega-Földekig

Futó Péter

Debreceni Egyetem, Ásvány- és Földtani Tanszék

A Kepler nagy pontosságú iránytartását biztosító giroszkópok közül kettő meghibásodott, aminek következtében a műszerrel tovább már nem lehetett folytatni az eredeti programot. Maga az űrtávcső azonban továbbra is kifogástalanul működött és a használatra benyújtott javaslatok egy részének elfogadásával 2014. március 8-án több szakaszban ismét megkezdte az adatgyűjtést, a korábbi várakozásokkal ellentétben meglepően jó pontossággal. A nulladik megfigyelési kampánytól (2014. március 8. – május 27.) kezdődően a program a 2016-os év végére a 11. kampány befejezéséig (december 8.) jutott, december 15-én megkezdve a 12. megfigyelési időszakot.

A NASA Kepler-űrtávcsőve K2 küldetésének tudományos programja során, jelen sorok írásáig (2016. november elejéig) a kutatók több mint 73 exobolygót fedeztek fel vagy a már korábban is ismert bolygók csillaguk előtti átvonulását első ízben figyelték meg, a bolygójelöltek száma pedig 667. Az űrtávcső küldetésének alapvető tudományos céljait továbbra is az exobolygók detektálása és a csillagok asztrofizikai kutatása jelenti, nagyszerű kiegészítésként azonban lehetőség nyílt naprendszerbeli kisbolygók, üstökösmagok megfigyelésére is. A sztelláris asztrofizikai kutatásokhoz kapcsolódóan pedig a K2 programjában szerepet kapott többek között az ekliptika mentén található nyílthalmazok, nagy tömegű, forró (O és B színképtípusú) csillagok és cefeida változók megfigyelése is.

Kisbolygókat elnyelő fehér törpe

Bolygók szinte minden csillagtípus körül megtalálhatók, s ide tartoznak a csillagok fejlődési végfázisait jelentő olyan objektumok is, mint például a neutroncsillagok vagy a fehér törpék. Előbbi csillagmaradványok környezetében a legnagyobb valószínűség szerint második generációs bolygóképződés keretében keletkezhetnek kisérők, míg a fehér törpék körüli planéták többnyire az eredeti bolygórendszernek az anyacsillag vörös óriás fázisát „túlél” tagjai lehetnek.

A WD 1145+017 jelű fehér törpét a Kepler-űrtávcsővel történt megfigyelést követően földi távcsövekkel is megvizsgálták. A vizsgá-

lat eredményeiből a kutatók arra következtettek, hogy akár több olyan, néhány száz kilométer átmérőjű kisbolygószerű objektum is kering a fehér törpéhez közeli pályán, melyek keringésük során törmelékfelhőt húznak maguk után [1]. Ezeknek a felhőknek az anyaga a kisbolygóknak a fehér törpe árapályhatásának következtében bekövetkező széteséséből származhat, s az így keletkezett törmelék idővel a csillagmaradványra hull. Az eredmények alapján a csillagászok azt találták, hogy a fehér törpék mintegy egyharmadának H/He légkörét beszennyező nehéz elemek a hozzájuk túl közel keringő szétesett bolygók anyagából származhatnak.



1. ábra: Fantáziarajz a WD 1145+017 jelű fehér törpe széttörédező kisbolygójáról. (Forrás: Harvard CfA)

Naprendszerbeli égitestek megfigyelése

Az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpontjának kutatói vizsgálták a Kepler látómezejében áthaladó aszteroidák fotometriai pontosságot befolyásoló hatását. Mivel az űrtávcső a naprendszerbeli bolygók keringési síkjának irányában végez megfigyeléseket – amelybe a kisbolygók többségének a pályája is esik –, már előzetesen is az aszteroida-áthaladások meglehetősen nagy számára lehetett számítani. Az elgondolás a gyakorlatban is helytállónak bizonyult, majdnem minden második csillag környezetében kimutathatók voltak az áthaladó kis égitestek [2]. A program során első alkalommal került sor exobolygók kimutatására fejlesztett űrtávcsővel kisbolygók fényességméréseire. Az adatok elemzéséből származó eredmények a kisbolygók jellemzőinek pontosabb megismerése mel-

lett segíthetik a Naprendszer kialakulásának és fejlődésének jobb megértését is.

Szintén magyar kutatók vetették fel, hogy a Kepler még mindig elegendően nagy fotometriai pontossága kiválóan alkalmas főövbeli kisbolygók adott tulajdonságainak megismerésére is, az egyes objektumok optikai fénygörbéinek kiértékelése alapján. Ennek megfelelően naprendszerbeli kis égitestek ezreinek vizsgálata vált lehetővé, az űrtávcső új programjának különböző megfigyelési kampányaiiban, így például az M35 nyílthalmaz környezetében vagy a harmadik K2 mezőben. A Kepler pontos fotometriai adatai között a kisbolygók fényességváltozásaiban periodicitás mutatkozik, amiből a kis égitestek rotációjának jellegzetességeire lehet következtetni [3]. A Naptól több mint 40 csillagászati egységre lévő, a Neptunuszon túli térségben található (transzneptun) kisbolygók között akadnak rendkívül halvány égitestek is, melyek észlelése korántsem egyszerű feladat még olyan fotometriai pontosság mellett sem, amellyel a Kepler még jelenleg is rendelkezik. Ilyen halvány égitest a 2002 GV₃₁ jelű kisbolygó is, amelynek fényességváltozását a gyenge jel ellenére is sikerült kimérni. Ebből a tengelyforgás periódusidejére lehetett következtetni: az aszteroida lassúnak nevezhető tengelyforgási ideje 29,2 órának bizonyult [4].

A Kepler az egyes látómezőkben az adott időben megfigyelhető nagybolygók közül is megvizsgál néhányat. A mérési adatok alapján a vonatkozó modellszámítások elvégzésével lehetőség nyílik a Neptunusz belső felépítésének az eddigieknél pontosabb megismerésére. Ugyanis a csillagokhoz hasonlóan a gázbolygókban is terjednek hanghullámok, s ezek egész bolygótestre kiterjedő hatása annak nagyon kis mértékű periodikus méretváltozását eredményezi. Ez a folyamat egyben olyan mértékű fényességváltozást is előidéz, amely már az űrtávcsővel is mérhető, megfelelő adatokat szolgáltatva a bolygó behatóbb vizsgálatára irányuló kutatások számára.

A K2 tizedik megfigyelési kampánya alkalmával (2016. július 6-a és szeptember 20-a között) követő módon felvételeket készített a 67P/Csurjumov–Geraszimenko-üstökösről, amihez kapcsolódóan azt is fontos megjegyezni, hogy – az ESA Rosetta programjának keretében – első ízben szállt le üstökösmagra űreszköz (a Philae nevű leszállóegység után később a szondát is a mag felszínére irányították). A megfigyelés szeptember 7–20 közötti időszakában a Szűz csillagkép irányában látszó, a Mars és a Jupiter pályája közötti térségben tartózkodó üstököös 3,71 csillagászati egységről 3,78 CSE-re távolodott el a Naptól [5].

Különböző bolygótípusok azonosítása

A NASA Discovery programjának keretében indított Kepler két küldetésének eddig összesen 7 esztendeje alatt 2404 (november 7-ei állapot szerint) létezésében megerősített exobolygó felfedezését köszönhetjük. A meghosszabbított küldetés a megfigyelési programok változatosságával kárpótolja a kutatókat az első megfigyelési időszak fotometriai pontosságának csökkenéséért. A két küldetésből származó megfigyelési adatok értelmezése útján kapott eredmények pedig megtalálhatók a NASA Exobolygó Archívumában (*NASA Exoplanet Archive* [6]).

A 2016. tavaszi kontrollt követő 9. kampány (K2C9) keretében a Tejútrendszer központjának irányába vetülő látómezőben a galaktikus dudor (galactic bulge) nagy csillagsűrűsége okán gravitációs mikrolencse jelenségek nagyszámú detektálását várták [7]. Amint arra már előzetesen a rövid időskálájú mikrolencse események mérései által következtetni lehetett, a K2C9 kampányban először adódott esély a szabadon vándorló bolygók (free-floating planets) hatalmas populációja tagjainak tömeg- és parallaxismérésére [8].

A kiterjesztett küldetésben a Keplerrel rendkívül izgalmas megfigyelésekre nyílt lehetőség, a csillagok, csillaghalmazok mellett a legkisebektől a legnagyobb méretű bolygótestekig. Így többek között a K2 keretében már néhány olyan, korábban felfedezett óriásbolygó csillaga előtti átvonulását is megfigyelték, melyek tömege és mérete hasonló a Jupiteréhez, átlagsűrűségük azonban kisebb a naprendszerbeli gázóriásénál (HAT-P-54b, HATS-9b, HATS-10b).

Kis tömegű exoplanéták és szuper-Földek

Különösen érdekes multiplanetáris rendszer tagjait fedezték fel egy, a Vizöntő csillagkép irányában megfigyelhető C3 mezőben monitorozott M típusú fősorozati csillag, a K2-72 jelű vörös törpe körül, amelynek átmérője 23,2%-a, tömege pedig csupán 21,7%-a a Napénak. Négy ismert bolygója közül [9] kettő a lakhatósági zónában kering, alig több mint 15, illetve 24 napos periódussal. A két bolygó közül a csillaghoz közelebbi pályán mozgó K2-72c 0,86 földátmérőjű ($R_{\oplus}$), míg a kissé távolabb keringő K2-72e jelű planéta mérete a földátmérő 80%-ának bizonyult. A vörös törpéhez legközelebb eső kis méretű K2-72b mérete ($0,75 R_{\oplus}$) sem marad el sokkal a két legnagyobb planétaétól, míg a csillagtól számított második bolygónak, a K2-72d-nek van a legkisebb sugara ($0,73 R_{\oplus}$). Viszonylag kis méretük alapján nagy valószínűséggel mind a négy bolygó Föld-típusú lehet.

A szintén Kepler-adatok értelmezéséhez kapcsolódó HEK (*Hunt for Exomoons with Kepler*) egy csillagászokból álló nemzetközi kutatócsoport által felépített megfigyelési projekt, melynek közreműködői

az ismert tranzitbolygó-jelöltek teljes listáját átvizsgálva keresik az adatsorokban az ígéretes exohold-jelölteket. Az exoholdak kimutatása ma még új kihívást jelent a kutatásban, idővel azonban a növekvő mennyiségű adatból nagyobb eséllyel olvashatók majd ki a bolygókísérők létezésének nyomai.

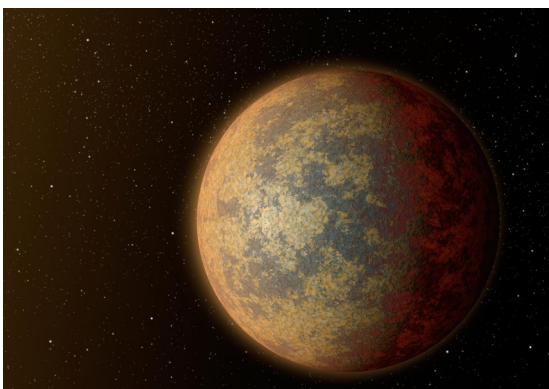
A felfedezések között szuper-Föld kategóriájú bolygók is szerepelnek, melyek döntő többsége nagyon közeli pályán kering a központi csillagához. Sok érdekes tulajdonság jellemzi a WASP-47 rendszert, melyben az előzőleg már ismert két Jupiter-szerű bolygó (az egyik jele b, tömege $m=1,1447$ Jupiter-tömeg, pályájának fél nagytengelye $a=0,05111$ CSE, a másik jele c, $1,4789$ Jupiter-tömeggel és $1,375$ CSE fél nagytengellyel) mellett egy Neptunusz-jellegű (jele d, $m=15,7 M_{\oplus}$, sugara $R=3,619 R_{\oplus}$, $a=0,08609$ CSE) és egy szuper-Föld (jele e, $m=9,1 M_{\oplus}$, $R=1,778 R_{\oplus}$, $a=0,01688$ CSE) kategóriába tartozó bolygó is kering [10], utóbbi kettő csillaga előtti átvonulását a K2 program során figyelték meg először. A többféle bolygótípust is felvonultató WASP-47 rendszer egyik fő érdekessége, hogy a jelenleg ismert bolygórendszerek közül ez az egyetlen, melyben a forró Jupiter (b) pályáján belül még egy másik bolygó (e) is kering a központi csillag körül. Az alig több mint 24 nap periódusidejű, e katalógusjelű, a forró szuper-Földek családjába sorolható bolygónak az össztömeghez viszonyítva kissé nagyobb magja lehet, miután belseje feltehetően valamivel több fémeket tartalmazhat, mint amennyi egy Föld-szerű összetételből adódna.

Mega-Földek

Az utóbbi évek felfedezései között szerepelnek olyan érdekes, a szuper-Földekénél nagyobb, a Neptunuszéval összemérhető tömegű bolygók is, melyek túl nagy átlagsűrűséggel rendelkeznek ahhoz, hogy klasszikus értelemben vett gázbolygók vagy jégóriások legyenek. Ezeket a Föld-típusú bolygókhoz sorolható planétákat mega-Föld néven említi az exoplanetológiával foglalkozó tudományos szakirodalom, illetve a témához kapcsolódó ismeretterjesztés. Keletkezési mechanizmusuk egyik lehetséges módja szerint a csillagukhoz nagyon közeli pályán keringő gázóriások fotoevaporáció révén elveszítetik gázburkuk jelentős részét vagy egészét. Mega-Földek keletkezhetnek olyan nagy tömegű protoplanetáris korongokban is, melyekben nem alakul ki Jupiter-szerű planéta, amely befelé történő vándorlása esetén akadályozhatná a Föld-típusú bolygók keletkezési zónájában a bolygócsírák óriás méretűvé hízását. (A Naprendszerben Batygin és munkatársai [11] szerint kezdetben akár szuper-Földek is kialakulhattak, csak a Naphoz túlságosan közel migráló Jupiter gravitációjának hatására elpusztultak a még formálódó óriás kőzetbolygók, a kifelé történő irányváltást követően pedig csupán

legfeljebb a Föld méretéhez közelítő bolygótestek jöhettek létre). Óriás kőzetbolygók azonban valószínűleg létrejöhetnek olyan rendszerekben is, melyekben az óriásbolygó befelé történő migrációjában időben bekövetkezik az irányváltás és a továbbiakban is lehetőség nyílik a bolygóembriók nagymértékű tömeggyarapodására [12].

Kozmokémiai megfontolások értelmében a mega-Földek lehetnek szén ($C/O > 1$) és szén-szilikát ($C/O = 0,8-1$) bolygók is. A szénben gazdag planéták köpenye főként szilícium-karbidból, illetve szén-szilikát bolygók esetében még szilikátokból és szilícium-oxikarbidokból épül fel. Magjukban a szén jellemzően vas-karbidok formájában fordulhat elő, atmoszférájukban pedig nagy valószínűséggel a metán a domináns légköra alkotó komponens [13].



2. ábra: A BD+20594b jelű mega-Föld kategóriájú bolygó művészi ábrázolásban
(Forrás: JPL-Caltech / NASA)

A Bika csillagképben a Fiastyúk nyílthalmazhoz közeli égterületen található a BD+20594 katalógusjelű csillag, amelynek b jelű, 16,3 földtömegű és 2,23 földátmérőjű bolygója [14] az óriás kőzetbolygók prototípusának tekinthető. Valószínűleg nem teljesen szilikátokból épül fel, hanem vastag köpenye egy a bolygóhoz képest viszonylag kis méretű fémes magot övezhet [15].

A mérések azt mutatják, hogy az 1,546 földátmérőjű K2-38b a szuper-Föld kategóriájú bolygóknál nagyobb tömegű (12,01 földtömeg, NASA Exoplanet Archive), és így a viszonylag nagy átlagsűrűsége alapján potenciális mega-Föld. Átlagsűrűsége alapján arra is lehet következtetni, hogy belseje relative sok fémesszövetet tartalmazhat, így a bolygó meglehetősen nagy méretű fémes maggal rendelkezhet.

A Kepler K2 küldetésének keretében ismételten ideális lehetőség nyílt folytatni a csillaguktól nagyon kis távolságban keringő (ultra-short period, USP) bolygók keresését. A jelenleg ismert legkisebb keringési periódusú exoplanéta a C2 mezőben talált EPIC 203533312b, amely mindössze 4 óra 12 perc alatt járja körül csillagát. A mérési adatok szerint a bolygó átmérőjére $1,92 R_{\oplus}$ adódott, tömege pedig a mérések szerint legalább $11,5 M_{\oplus}$ [16], ami alapján valószínűleg egy nagy tömegű szilikátos bolygóról, mega-Földről lehet szó.

Hasonlóan érdekes a K2 második kampánya során felfedezett EPIC 204221263b (K2-38b) jelű, rövid periódusú (4,016 nap), 1,546 földtömegű exobolygó, amelynek tömegére a Keck/HIRES spektrométerrel végzett radiálissebesség-mérések alapján mintegy 12,01 földtömeg adódott (NASA Exoplanet Archive). Tömegéből adódóan ez a bolygó is már a mega-Földek kategóriájába tartozik, mérete alapján azonban a szuper-Földek általános átmérő-kategóriájába ($1-2 R_{\oplus}$) sorolható. A mért adatokból számított átlagsűrűség ($17,77 \text{ g/cm}^3$) alapján a bolygó magas arányban tartalmazhat fémes összetevőket, de akár egy egykori gázburkát elveszített óriásbolygó hosszú időre nagy átlagsűrűségű állapotban maradt magja is lehet.

Az eddig felfedezett exobolygórendszerek tanulmányozása már sokat segített a bolygók kialakulásának jobb megértésében, és az egyes bolygótípusok azonosításában, illetve azok tejútrendszerbeli gyakoriságának becslésében. Az új felfedezések azt sugallják, hogy a nagy tömegű teresztrikus bolygók gyakoribbak, mint azt a kutatók egy évtizeddel ezelőtt gondolták. Statisztikai vizsgálatok alapján tudjuk azt is, hogy az óriás gázbolygók jóval kisebb számban léteznek, mint kisebb tömegű társaik, a legtöbb bolygó az 5–10 földtömeg közötti tömegtartományba esik [17].

Összegzés

A Kepler új megfigyelési időszaka szépen beváltotta a hozzá fűzött reményeket, hiszen a K2 program keretében szintén sok érdekes felfedezés történt. A közeljövőben üzembe állítandó James Webb-űrteleszkóppal pedig már részletesen vizsgálható lesz a viszonylag közeli, fényes csillagok körül keringő tranzitbolygók légkörének kémiai összetétele is, biomarker komponensek (metán, vízgőz, oxigén, ózon) nyomai után kutatva, melyek a bolygófelszínen uralkodó, esetlegesen kedvező fizikai viszonyok mellett szintén a lakhatóság alapvető feltételeink meglétére utalhatnak.

Az űrcsillagászati technikák érzékenységeinek további javulásával minden bizonnyal az egészen kis méretű, tranzitos exobolygók kimutatására is lehetőség nyílik a jövőben. Nagy valószínűség szerint a teljes tömegspektrumban minden kategóriában találunk majd bolygókat a közelebbi és távolabbi galaktikus környezetünkben. A bolygókeresés céljából fejlesztett űrcsillagászati eszközök alkalmazása – a Tejútrendszer feltérképezése mellett – néhány évtized múlva már akár a legközelebbi galaxisok vizsgálatára is kiterjedhet.

Irodalomjegyzék:

- [1] Bolygóit felfaló fehér törpe. Természet Világa, 147 (2), 81
- [2] Dály G., Hanyecz O., Szabó R. (2015): Kisbolygóvadászat a Kepler-űrtávcsővel. Természet Világa, 146 (11), 515
- [3] Szabó R. et al. (2016): Uninterrupted optical light curves of main-belt asteroids from the K2 mission. Astronomy and Astrophysics, 596, A40
- [4] Sárneczky K. (2015): Túl minden határon: Neptunuszon túli kisbolygókat vizsgáltak magyar csillagászok a Keplerrel (www.csillagaszat.hu, 2015. 04. 15.)
- [5] Tóth I. (2016): A Kepler-űrtávcső is megfigyelte a Rosetta üstökösét (www.csillagaszat.hu, 2016. 10. 17.)
- [6] NASA Exoplanet Archive (<http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu>)
- [7] Kovács J. (2016): Gravitációs mikrolencsézéssel is keresi a Kepler a bolygókat (www.csillagaszat.hu, 2016. 05. 02.)
- [8] Penny M.T. et al. (2016): Predictions for the Detection and Characterization of a Population of Free-Floating Planets with K2 Campaign 9 (arXiv:1605.01059)
- [9] Crossfield I.J.M. et al. (2016): 197 Candidates and 104 Validated Planets in K2's First Five Fields. Astrophysical Journal Supplement Series, 226, 7
- [10] Almenara J.M. et al. (2016): Absolute densities, masses, and radii of the WASP-47 system determined dynamically. Astronomy and Astrophysics, 595, L5
- [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, 14
- [12] Futó P. (2016): Ősi bolygórendszerek és mega-Föld a Kepler-mezőben. Űrtan Évkönyv 2015, MANT, Budapest, pp. 75-81
- [13] Futó P. (2015): Újdonságok a kis tömegű exobolygók kutatása terén. Űrtan Évkönyv 2014, MANT, Budapest, pp. 108-114
- [14] Espinoza N. et al. (2016): Discovery and Validation of a High-Density sub-Neptune from the K2 Mission. Astrophysical Journal, 830, 43
- [15] Futó P. (2017): BD+20594b: A mega-Earth detected in the C4 field of the Kepler K2 mission. Lunar and Planetary Science Conference XLVIII, 1078, Houston
- [16] Adams E.R., Jackson B., Endl M. (2016): Ultra-short-period Planets in K2 SuPerPiG Results for Campaigns 0–5. Astronomical Journal, 152, 47
- [17] Regály Zs. (2015): Több, mint égen a csillag – 1. rész: Exobolygók felfedezése. Fizikai Szemle, 65 (7-8), 233

Az emberiség hódítása a világűrben

Sipos Attila¹

Az emberiség jövője, létünk megértése a kozmosz² titkainak megismerésétől is függ. A kozmosz nagysága meghaladja az emberi gondolkodás határait, a megismeréséhez vezető hosszú és göröngyös úton a szerző főként arra a kérdésre keresi a választ, hogy az emberiségnek mennyiben van jogosultsága meghódítani, majd kizsákmányolni a naprendszerek végtelen óceánját.

Mikrokozmosz³ vagyunk

Démokritosz (i.e. 460–370) ókori görög atomista filozófus közel 2500 évvel ezelőtt olyan összefüggést ismert fel, amely örök igazság maradt: „az ember egy mikrokozmosz, egy kis világmindenség”! Démokritosz a természet vizsgálata során arra a következtetésre jutott, hogy „az emberben, ebben a kis kozmoszban” helye van a testi és anyagi, valamint a szellemi és isteni vonatkozásoknak egyaránt. Mindannyian a kozmosz szerves részei vagyunk.

A kozmosz a természet lenyűgöző gépezete, amelyben bőségesen találni szerves anyagot, mely – ha elég idő áll rendelkezésére – életre kelhet. A Földön például elég idő állt rendelkezésre ahhoz, hogy az anyag „öntudatra ébredjen”. A dolgok mélyén a bonyolult formák valójában egyszerű mozgó részek, atomok kapcsolatai. Az élő dolgok szépsége az atomok elrendezésében rejlik. A tudással felvértezett ember pedig képes ezen dolgokban rejlő kölcsönös kapcsolatok legmélyebb titkait kifürkészni, azok összefüggéseit megismerni.

¹ A szerző az Államigazgatási Főiskola és az ELTE Állam- és Jogtudományi Kar elvégzése után 2002-ben a Leideni Jogtudományi Egyetem légi- és világűrjogi tanszékén szerzett mesterfokozatot. 2008 óta az ELTE-ÁJK Nemzetközi Jogi Tanszékén oktat nemzetközi légi- és világűrjogot, 2011-től az ELTE-ÁJK tiszteletbeli tanára. 2015 decemberében jelent meg a „Nemzetközi légijog – Szabályok három dimenzióban” című könyve a Wolters Kluwer kiadó gondozásában, Kardos Gábor egyetemi tanár lektorálásában. E tanulmány ábráit Énekes János grafikus készítette.

² A kozmosz görög eredetű szó. Jelentése: a világegyetem (az univerzum) harmonikus rendezettsége, amely a részletek gazdagságában mindent magában foglaló renddel és harmóniával jellemzett rendszer. /A szó ellentéte: káosz./ Webster's Third New International Dictionary, 1986, I: 514.

³ A mikrokozmosz kifejezés alapvetően két görög szó összetétele, a mikrosz: kicsi és a kozmosz: világ szavak összekapcsolása révén jött létre. Mint oly sok felismerés, a kozmosz és az ember világa közötti szoros kapcsolat, szimmetria feltételezése is a görögökre vezethető vissza. Farkas Zoltán: Kozmosz az emberben. Sulinet.hu, Pedagógia, 2007.

A tudás megszerzéséhez hosszú út vezet. Minden ember életében ez a hosszú út a tudatlanból a tudatos felé halad és ennek során rá kell jönnünk, majd el kell fogadnunk, amit Démokritosz is jól tudott: a dolgok mélyén „egyszerre vagyunk a Föld és az ég gyermekei”. Sajnos ezt a tényt az emberek többsége rövid élete során nem ismeri, nem érti meg.

A kozmoszban ugyanazon fizikai törvények érvényesülnek

Sir Isaac Newton (1643–1727) angol fizikus, csillagász 1687-ben bizonyította, hogy az égitestek, de akár a Földön levő tárgyak mozgását is ugyanazon természeti törvények határozzák meg. A Nap is vonzza a bolygóit, mivel mozognak, keringenek körülötte, ezért nem zuhannak rá. Bár mozdulatlanul olvassuk ezt a cikket, mégis minden pillanatban 1600 km/óra sebességgel forog a Föld a saját tengelye körül, miközben maga a Föld is 30 km/másodperc sebességgel kering a Nap körül. Mindig mozgásban vagyunk. A galaxist a gravitáció és az állandó mozgás tartja össze. A testek kölcsönösen vonzzák egymást, így a testünk is a Föld felé mozog, csak ezt nem érezzük.

A Csillagok háborúja (1977) című filmben a „jedi lovagok” a gravitáció fizikai törvényein túllépve a mindent átható erőt már szellemi síkon uralták: „Az erőnek nem számít a méret, összetartja a galaxist. Az életből árad, ezért nagy. Összeköt és megvilágosít minket. Nem az izmainkban van, hanem magunk körül kell érezni az erőt, mindenütt, közted és köztem, a fákban, a kövekben, mindenütt.” Ezt az erőt az ember nem irányítja, hanem érzi és használja.

Lehoztuk a Földre az égből a Napot

A görög mitológia szerint Prométheusz, az „előrelátó” titán az ember számára ellopta a tüzet, amely addig csak az istenek tulajdona volt. Tettét az vezérelte, hogy a tűz használatával az embert az állatok fölé emelje (nem véletlenül kapta Prométheusz a „civilizáció atyja” jelzöt).

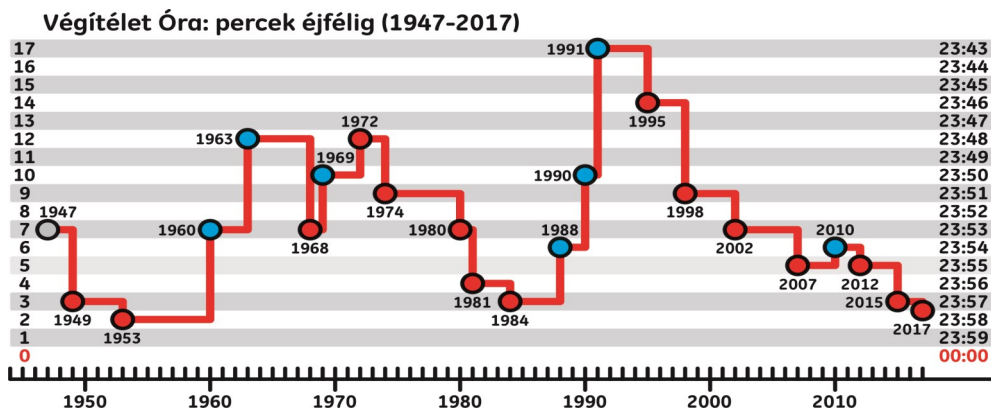
1942. december 2-án Enrico Fermi (1901–1954) és Szilárd Leó (1898–1964) létrehozták az első nukleáris láncreakciót, egy szabályozott atommáglyát, amellyel tulajdonképpen az atomerőmű alapjait rakták le. Ezzel a lépéssel az emberi civilizáció egy új korszaka kezdődött el: az „Atomkorszak”.

Az ember persze nem hazudtolta meg önmagát. A II. világháborús győzelem küszöbén, 1945. július 16-án „ügyes kis szerkenyű” (the Gadget) néven az Egyesült Államok kísérleti atombombát robbantott, néhány héttel később pedig a Japán elleni kettős atomtámadással az „erőben turbulenciát okozott.” A történelem során ekkor az emberiség olyan szörnyű oksági lánc csapdájába esett,

amely teljes egészében a hidegháborúban (1947–1991) teljesedett ki. A háború borzalmain túl azonban a katonai fejlesztések, különösen a rakéták hatótávolságának növelése (a tömegpusztító fegyverek célba juttatása érdekében végzett további kísérletek) lehetővé tették a technológia gyors fejlődését, ezzel közvetlenül is segítve azt, hogy az emberiség mihamarabb kilépjen a világűrbe.

Pengeélen táncolunk

Az emberi civilizáció túlélési esélyei a rendkívül nagyszámú és sokféle tömegpusztító fegyverarzenál⁴ megléte következtében 1% alá csökkent. Ez a kockázat elképzelhetetlenül nagy. Az emberiség sebezhetővé vált, a jövője forog kockán. Ma már tudjuk, sokféle módon lehet elpusztítani az embert, nem beszélve az egész világot fenyegető kihívásokról és problémákról (úgy mint a túlnépesedés, a szűkös erőforrások, a szegénység, a környezetszennyezés, a klímaváltozás, stb.). Nem vitás, hogy új kihívások előtt állunk, és ha nem teszünk végérvényesen rendet itt a Földön, akkor csak úgy élhetünk túl, ha szétszóródunk a világűrben. Kozmikus fajjá kell válnunk, és ennek során új otthonhoz kell juttatnunk a Homo Sapienst (az értelmes embert), mert ez lehet az emberi civilizáció túlélésének egyik utolsó esélye.



Nincs sok időnk. Az Atomtudósok Közleménye elnevezésű szervezet⁵ által megalkotott „Végítélet óra” szerint már csak 2 és fél percünk maradt. Az óra szimbolikusan az emberiség elpusztulásának feltételezett időpontját mutatja. Ezt a képzeletbeli órát kell az embe-

⁴ Csak napjainkban a világ kilenc országában összesen 15 375 atomfegyver van bejegyezve. World Nuclear Weapon Stockpile Report. Ploughshares Fund, March 2, 2016.

⁵ A Bulletin of the Atomic Scientists (BAS) szervezet: atomkutatókat, tudósokat, nemzetközi hírű szakembereket tömörítő tudományos társaság, és folyóirat. Chicago, www.thebulletin.org

riségnek visszaállítani. Sajnos, a visszaállításban igen rosszul állunk, mert 23 óra 57 perc és 30 másodperc már eltelt. A nagy „disaster” (a baljós csillag) éjféltor jőn el, s akkor az emberiség eddig soha nem látott katasztrófával találja szemben magát. Ma már tudjuk, hogy ez a végső katasztrófa a jövőben mindenképpen bekövetkezik, amelyre e szervezet szakemberei és tudósai (köztük 18 Nobel-díjjal kitüntetett), illetve sokan mások is egyre gyakrabban hívják fel a figyelmet.

Lehet, hogy az „Ítéletnap” az a nap lesz „mikor az ember elpusztítja önmagát azokkal a fegyverekkel, amelyeket azért alkotott, hogy megvédje önmagát.”⁶ Nem tudjuk, csak annyit tudunk, hogy be fog következni, ezért nagy változások kellenek, mindent átható nemzetközi szintű döntésekre van szükség, miközben az emberiségnek nem szabad az „ősi ösztönökre hallgatva” építenie a jelent és a jövőt.

Az emberiség végtelen önteltséggel azt gondolta, hogy a Föld a világbirodalma

Az égen nincsenek csodák, nem foglalunk el kitüntető helyet a világmindenségben. Ezt a tényt már maga Nikolausz Kopernikusz (1473–1543) lengyel csillagász is tudta. Miközben a technikai fejlődés jóval megelőzte az erkölcsi fejlődésünket, továbbra is az ősi ösztönök szerint élünk. A háborúk, az állati indulatok, de leginkább önmagunk kifosztása permanens részei a világ hétköznapijainak. A felfedezés és a megismerés helyett mára a túlélés lett az igazi cél. Nehéz kimondani, de az emberiség eltűnését a távoli galaxisokban senki, de senki nem venné észre.

Ha mindent elpusztítanánk, kizárólag materialista alapon csak arra lenne remény, hogy egy napon (ha van energia, tápanyag és víz) talán újra életre kelne az anyag és szervessé válna, majd nagyon sok idő múlva új lények népesítenék be a Földet vagy más égitesteket. Mindehhez két feltétel szükséges: az idő és az elmúlás. Igen, elmúlás is, mert ez a teremtetés ára.

De gondolatainkba feledkezve sem szabad elfelednünk, hogy a legkietlenebb és legádázabb hely is a Földünkön százszor élhetőbb, mint bármely más terület a távoli és közeli bolygókon. Ebből az is következik, hogy a mai tudásunk alapján lényegében nemigen van hova mennünk.

⁶ Terminátor 3: A gépek lázadása. Záró jelenet mondata, C2 Pictures, 2003.

Az emberiség önteltséggel gondolta, hogy meghódította a világűrt

Az emberiség egyik legizgalmasabb korszaka, az „Űrkorszak” 1957. október 4-én kezdődött a Szputnyik-1 (Спутник - útitárs) szovjet műhold Föld körüli pályára állításával⁷.

Ezen a napon az ember kinyitotta a világűrbe vezető ajtót, majd 1961. április 12-én Föld körüli pályára állt, 1969. július 20-án pedig leszállt a Holdra. Kétségtelenül spirituális magasságokba emelkedtünk és hangzatosan hirdettük, hogy „meghódítottuk a világűrt”. Csodálatos beszélni ezekről a pillanatokról, a többségünk ekkor még nem is élt.

A tudomány a világűrbe segítette az embert. A tudomány lényegében nem más, mint az emberi generációkat átfogó kollektív vállalkozás. Űrhajósaink az emberiség követeként⁸ érkeztek és békés szándékkal kutatják a világűrt. Nagy örökség ez! Az intellektuális kaland az űrbe juttatott minket. Kijutottunk a világűrbe, de a nagy lépések ellenére rá kell jöjjünk, hogy még távolabb került tőlünk. Elavult rakétatechnikánk, Űrhajóink még mindig nem teszik lehetővé, hogy a Nap (csillag) utáni legközelebbi csillaghoz, a tőlünk 4,2 fényévyire található Proxima Centaurihoz eljussunk. A mai technológia felhasználásával kb. 50 000 év lenne a csillagközi utazás időtartama. Ha például az űrrepülőgépek hajtóművében alkalmazott technikát használnánk, akkor az egész Világmindenség tömegénél több üzemanyag elégetésével is, úgy 900 év(!) alatt érhetnénk el ehhez a csillaghoz.⁹

Az ember ugyan kilépett a Föld gravitációjából, eljutott több égitestre, távcsöveink milliárdnyi fényévyre látnak, az „Űrkorszak” 60 éve alatt rengeteg tudást és tapasztalatot szereztünk, mégis kijelenthetjük: a világűrt az ember nem hódította meg.

⁷ A Szputnyik volt az emberi civilizáció első műholdja az első világűrben keringő űreszköz. A levegőnél nehezebb motoros repülőgép felszállásától és 40 méternyi repülésétől számítva (1903. december 17.) csak 54 évnek kellett eltelnie ahhoz, hogy az emberiség a repülés, a rakéta- és a számítástechnika fejlődésének köszönhetően kijusson világűrbe és 66 évnek, hogy az emberiség követei a Holdra lépjenek. Gazdag László – Mészáros István: A világűr meghódításának első 50 éve. Laurus kiadó, 2007, 17. o.

⁸ Szerződés az államok tevékenységét szabályozó elvekről a világűr kutatása és felhasználása terén, beleértve a Holdat és más égitesteket. 1967. évi 41. törvényerejű rendelet, V. cikk.

⁹ Almár Iván – Galántai Zoltán: Ha jövő, akkor világűr. Typotex kiadó, Budapest, 2007, 271-272. o.

A világűr nincs messze az otthonunktól

A magyar nyelvben a világűr szót először Madách Imre (1823–1864) „Az ember tragédiája” drámai költemény XIII. színében (Az Űr színben) használta. A világűr a valóságban nem üres, a bolygóközi és a csillagközi térben levő anyagok igen ritka eloszlásúak, a levegőnél trilliószor ritkább anyagot tartalmaznak, amelyet a Földön egyébként nem tudunk előállítani (a csillagközi térben átlagosan egymillió köbkilométer térfogatban mindössze 1 gramm anyag található).

Az első mesterséges holdak felbocsátásakor logikusan vetődött fel a kérdés, hogy hol végződik a légtér és hol kezdődik a világűr. A szovjet műholdak olyan magasságban keringtek a Föld körül, amelyek nyilvánvalóan messze meghaladták a hagyományos repülőgépek repülési csúcsmagasságát, ugyanakkor vitatható módon, de pályájuk földközeli pontjának elérésekor (215 km) az egyes érintett államok szuverén légterein belül tartózkodhattak.¹⁰ A hidegháborús viszonyok között az Egyesült Államok kormánya ezért megpróbálkozott a szovjet Szputnyik műholdak lelövésével.¹¹ Tettüket azzal indokolták, hogy az űreszközök keringésük során többször használták az Egyesült Államok és más országok nemzeti légterét, és ezzel megsértették az érintett államok területi integritását. A Szputnyik felbocsátásának ténye az Egyesült Államokat alapjaiban rázta meg. Óriási volt az elkeseredés, hiszen abban a tudatban éltek, hogy jóval előrébb járnak a kutatásokban és fejlettebb technológiával rendelkeznek, mint a szovjetek. Ez az elkeseredés Szputnyik-válság néven vonult be a történelembe, amely a hidegháború fordulópontját jelentette, és az űrversenyben csúcsosodott ki.

A világűr nincs messze tőlünk. Ahol a légtér befejeződik, ott kezdődik a világűr. A légtér és a világűr közötti földrajzi határnak az „elméleti” meghúzása ad választ arra, hogy a nemzeti légterében meddig terjed függőlegesen az adott állam joghatósága, szuverén hatalma. Míg a nemzeti légtér az állam fennhatósága alatt áll, addig a világűr „mindenki által szabadon használható” terület (*res communis omnium usus*), ott már nem érvényesül az állami szuverenitás, ennek következtében a nemzetközi közösség minden tagja békés célokra egyformán használhatja, és egyetlen állam sem sajátíthatja ki,

¹⁰ Hajdu Gyula (szerk.): Diplomáciai és Nemzetközi jogi lexikon – Légtér és a világűr elhatárolódása. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1967, 490. o.

¹¹ Az Egyesült Államok elnökének sajtófőnöke Reedy, George E. szerint: „egyszerű tény, hogy nem hihetjük többé, hogy a szovjetek mögöttünk járnak a technikai fejlettségben. Négy év kellett nekik, hogy utánunk legyártsák a saját atombombájukat, majd csak kilenc hónap, hogy utánunk saját hidrogénbombával rendelkezzenek. Most rajtunk a sor, hogy mikor lesz utánuk saját műholdunk”. Launius, Roger D.: Sputnik and the Origins of the Space Age, Background History, NASA History, article, 2005.

azaz nem léphet fel az ilyen terület vagy térség foglalásának az igényével.¹² Így mindenki által szabadon kutatható, használható, mert az ott végzett tudományos munka az „egész emberiség közös vállalkozása.”¹³ A kutatás során azonban más államok érdekeit nem lehet sérteni, az ott folytatott munkát nem szabad akadályozni, valamint a természet egyensúlyának megbontását előidéző kísérletet sem lehet végezni.

A légtér és a világűr vertikális elhatárolására leginkább elterjedt elmélet Andrew G. Haley (1904–1966) amerikai ügyvéd, világűr-jogász tevékenységéhez fűződik, aki 83 kilométer (275 000 láb) magasan húzta meg a „joghatósági határvonalat”, melyet „Kármán-féle felséghatárnak” nevezett el. Kármán Tódor¹⁴ magyar tudós számított ki ugyanis azt a magasságot, ahol egy légi járműnek a kozmikus sebességnél gyorsabban kellene repülnie ahhoz, hogy az adott magasságon az aerodinamikai felhajtóerő fenntartsa.

Daniel Bernoulli (1700–1782) tétele szerint a sebesség és a nyomás közötti összefüggésen alapul a felhajtóerő. Ebből indult ki Kármán Tódor, aki szerint „ezt a határt tulajdonképpen az űrjármű sebességének és a Föld felszíne feletti magasságának ismeretében lehet megállapítani. Gondoljunk például Ivan Kincheloe (1928–1958) kapitány rekordrepülésére, amelyet 1956. szeptember 7-én ért el a Bell X-2 rakétameghajtású tesztrepülőgép fedélzetén. Kincheloe közel 39 kilométer magasságon 3 200 km/h sebességgel repült (elsőként lépte át a 100 000 láb feletti magasságot a világon). Ezen a magasságon és ezzel a sebességgel még az aerodinamikai felhajtóerő hordozza a repülőgép tömegének 98%-át, a maradék 2%-ot a centrifugális erő, vagy ahogyan az űrhajósok nevezik, a Kepler-féle erő egyenlíti ki. Körülbelül 92 kilométeres magasságon azonban ez az arány megfordul, mert ott már nincs levegő, amelyben felhajtóerő ébredne. Ott már csak a centrifugális erő létezik. Ez az a fizikai határ, ahol az aerodinamika véget ér és ahol az űrhajózás elkezdődik. Miért ne lehetne egyúttal ez a jogi határ?”¹⁵

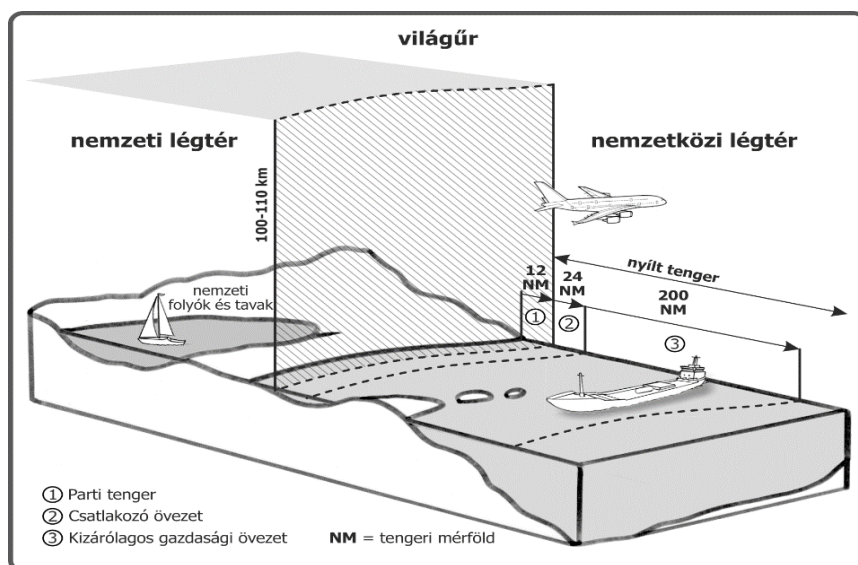
¹² Ilyen térségnek minősül: a nyílt tenger és a világűr. A nyílt tengeren, vagy annak nemzetközi légtérében tartózkodva, de hangsúlyozottan csak a területi jogállás tekintetében, kvázi a „világűrben vagyunk”, mert a jogi sorsuk, jogi státuszuk megegyezik.

¹³ Világűr szerződés, 1967. évi 41. törvényerejű rendelet, I. cikk.

¹⁴ Kármán Tódor (1881–1963) gépészmérnök, fizikus, alkalmazott matematikus. A szuperszonikus repülés atyja, valamint a rakétatechnológia és a hiperszonikus űrhajózás egyik úttörője. Feltalálta légcsatornák építésével az áramvonal jelentőségét, feltárta azoknak a különös erőknek, örvényeknek és áramlásoknak a törvényszerűségeit, amelyek a repülőgépekre és más levegőben mozgó tárgyakra hatnak. Kármán Tódor – Lee Edson: Örvények és repülők – Kármán Tódor élete és munkássága. Akadémiai kiadó, 1994.

¹⁵ i. m. 15., 300-301. o.

Ma a világűr hatalmak általánosságban és egyoldalúan ezt a joghatósági határt 100 és 110 kilométer közé teszik¹⁶, ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy a légtér és a világűr elhatárolására a nemzetközi szerződések (egyezmények, megállapodások) továbbra sem tartalmaznak a nemzetközi közösség által elfogadott szabályokat és rendelkezéseket.



A pontos meghatározás hiányában, tudományosan a legelfogadottabb elmélet a Gál Gyula (1926–2012) világűrjogász által is vallott és képviselt funkcionalitás elv alapján történő elhatárolás. A funkcionalisták szerint a határ nem a magasságban számítandó, hanem a tevékenység jellegéből fakad, vagyis a világűr ott kezdődik, ahol az orbitális mozgás (keringés) folyik. Ebbe a világűr-tevékenységbe beletartozik minden olyan tevékenység, amelynek célja egy objektum (tárgy, szerkezet) Föld körüli¹⁷ vagy azon túli pályára juttatása, ottani mozgása vagy onnan visszatérése, továbbá idegen égitesteken leszállása, ott tartózkodása vagy onnan visszatérése.¹⁸

Nem lehetünk egy bolygóhoz kötött faj

Mióta az emberiség az űrkorszakba lépett, a technikai fejlődés ezen a területen is felgyorsult, lehetővé téve nagyszabású és grand-

¹⁶ A Szovjetunió 1983. április 14-én az ENSZ-hez intézett jegyzékében javasolta: „A légitér és világűr közötti határt az államok közti egyezséggel a tengerszint feletti 110 km-t meg nem haladó magasságban vonják meg.” Gál Gyula: A világűrjog néhány alapkérdése az ezredfordulón. JURA, 2001/2. sz. 32. o.; Almár Iván – Both Előd – Horváth András: Űrtan – SH Atlasz. Springer, Budapest, 1996, 13. o.

¹⁷ Föld körüli keringésnek azt tekintjük, amelynek során az objektum (mesterséges hold) legalább egyszer megkerüli a Földet.

¹⁸ Gyula Gál: Space law. Leyden, N.Y. Oceana Publications, pp. 59-116.

ózus tervek megvalósítását. Mára szinte elkerülhetetlenné vált, hogy az emberiség a világűr felé terjeszkedjen. Terjeszkednünk kell, mert az emberi közösség tönkretette és kifosztotta az egyetlen élhető környezetet: a Földet, amely már most „benyújtotta a számlát”. Ráadásul megint nem hazudtoltuk meg magunkat, teleszemeteltük már azt a helyet is, ahova mennénk. A világűrben keringő több mint 13 ezer űrobjektum 95%-a mára az űrben végzett emberi tevékenységre¹⁹ űrszemétként jelent veszélyt.

A Földön rendelkezésre álló, az ökoszisztéma fenntartásához szükséges tápanyagok, a tiszta víz és energiaforrások végessé válása tovább erősítette azt az igényt, hogy a közeli égitesteken emberi bázist hozzanak létre, és az ott található ásványkincsek kiaknázását megkezdje az emberiség. Ennek következtében szükség lett a „második otthonra”, amely egy napon a Hold, de akár a Mars, vagy a Jupiter negyedik legnagyobb holdja, az Europa is lehet. Ennek megfelelően a Holdra szálló első űrhajósaink üzenete: „Békével jöttünk, az emberiség nevében!” még mélyebb tartalommal telik majd meg.

Zsákmányoljuk ki a Holdat

Az égitestek, a bolygók, maguk az ásványi anyagok kincsestárai. Kiváló minőségben és hatalmas mennyiségben rejtenek fontos anyagokat. A Hold például rendkívül gazdag ásványkincsekben: alumíniumban, magnéziumban, szilíciumban, oxigénben, hidrogénben, vasban, titánban. A Hold nagyon hasonlít Földünkhöz, alig akad rajta számunkra ismeretlen ásványi anyag. A Hold felszínén levő sötétebb területeken bazalt található. Az energiaforrások gazdag tárháza rengeteg lehetőséget rejt magában. Az oxigén – amely az egyik legsűrűbben fordul elő, igaz a kőzetekben kötött formában – hidrogénnel keverve folyékony állapotban a rakéták meghajtásához tud energiát szolgáltatni.

A sok lehetőség közül a legizgalmasabb a Holdon található hélium-3 izotóp kitermelése. A hélium a leggyakoribb elem a hidrogén után, sőt az egész világegyetem tömegének 1/4-e hélium. A hélium-3 a közönséges héliumatom radioaktív izotópja, amelyet a magfúzió-nál lehet hasznosítani. Ideális nukleáris üzemanyagnak tartják, mivel úgy szabadít fel rendkívüli energiát, hogy az égése során nem keletkezik radioaktív hulladék. Míg a Földön csak nyomokban lelünk hélium-3 izotópra²⁰, addig a Holdon feltételezések szerint 1 millió

¹⁹ Almár Iván – Galántai Zoltán: Ha jövő, akkor világűr. Typotex, 2007, I/3. Fejezet 59. o.

²⁰ A Földön nagyon nehéz hélium-3 izotóphoz jutni: az Egyesült Államoknak például néhány éve összesen 29 kg állt rendelkezésére, de azt sem természetes forrásból

tonna található. Jelentőségét az adja, hogy a hélium-3 deutériummal, fúziós reakcióban történő egyesítésével félelmetes mennyiségű energia válna előállíthatóvá. Ennek kiaknázása a Holdon eredményes lehet, ráadásul komoly profitot is hozhat. Az Egyesült Államok éves energiaszükségletét 25 tonna anyag²¹ tudná biztosítani, nem feledve, hogy a globális felmelegedéshez maga az Egyesült Államok jelentős mértékben járul hozzá. Kiemelendő, hogy a feldolgozás után nem keletkezik sugárzó hulladék, azonban a fúziós reaktor kidolgozása, amelyben hatékonyan energiát nyerhetnénk, még csak laboratóriumi körülmények között létezik.

Az emberi misszió azonban igen nagy kockázatot rejt és rendkívül drága (csak egy NASA űrhajós szkafandere 3,5 milliárd forintba kerül).²² Ugyanakkor a technikai fejlettség és a tiszta energiához jutás égető szüksége, az ebben rejlő – nemcsak anyagi értelemben vett – óriási profit az űrhatalmakat abba az irányba vezeti, hogy belátható időn belül elkezdődjön a Hold vagy éppen más bolygók és égitestek kiaknázása (pl. a Mars két holdja: a Phobos és Deimos is rendkívül gazdagok ásványi anyagokban).

(Itt érdemel említést a Nap tiszta energiája, amely mindig és korlátlanul áll rendelkezésünkre. Ennek ellenére a napenergia hasznosításának jelentős beruházásigénye és környezetterhelése miatt ez a fantasztikus lehetőség szélesebb körben még nem terjedt el, de ezen a területen is forradalom zajlik, kecsegtető eredményekkel.)

Zsákmányoljuk ki a mindenkiét

A világűr mindenkié. Mindenki által szabadon használható és semmilyen formában ki nem sajátítható dolog. A „világűr, beleértve a Holdat és más égitesteket, sem a szuverenitás igényével, sem használat vagy foglалás útján, sem bármilyen más módon egyetlen nemzet sem sajátíthatja ki”. Ezeket az alapelveket az 1967-ben, a hidegháború kellős közepén elfogadott Világűr szerződés szabályozza.²³ A Világűr szerződés a nemzetközi űrtevékenység alapegyez-

²⁰ ... szerezte, hanem a nukleáris fegyverek melléktermékeként. (A bennük található trícium, vagyis hidrogén-3 izotóp ugyanis hélium-3-má bomlik.) Ez a mennyiség semmire sem elég: a becslések szerint az Egyesült Államok egy éves energiaellátásához 25 tonnára lenne szükség. A többi hélium-3 viszont a Föld kérge alatt, a köpeny határán található, vagyis hozzáférhetetlen. Lehet a hélium-3 a válasz? Puli Space blog, www.pulinspace.com, 2014. április.

²¹ Lunar Helium-3 as an Energy Source, in a nutshell. The artemis project, Value part, www.asi.org

²² Chani: A 12 millió dolláros ruha. www.galaktika.hu, 2014. július. rendelet, II. cikk.

²³ „Szerződés az államok tevékenységét szabályozó elvekről a világűr kutatása és felhasználása terén, beleértve a Holdat és más égitesteket”, 1967. évi 41. törvényerejű rendelet, II. cikk.

ménye. A nemzetközi közösség által elfogadott olyan alapvető elveket foglal magában, amelyek a világűrrel kapcsolatos összes tevékenység végzését és annak kereteit határozza meg. A nemzetközi szerződés jogalkotói kivételesen alkottak. A legfőbb céljuk az volt, hogy a világűrt alapjaiban óvják meg a fegyverkezési és tulajdon-szerzési versenytől, ezzel is minimalizálva a majdani háborús konfliktus esetleges kialakulásának a lehetőségét.

Amikor az előbbiekben említett szabályokat az államok meghozták, még nem gondoltak arra, hogy egy napon az állam mellett az űrkutatásban a magántőke is megjelenik, így a tulajdonjogi tiltásuk kifejezetten csak a nemzetekre vonatkozott. Ezt a helyzetet használta ki spekulatív céllal néhány szélhámos, amikor a Holdon vagy éppen más égitesteken, „kiparcellázott” telkeket kezdtek el árulni (pl. csak Dennis Hope amerikai üzletembernek, aki magát legitim tulajdonosként tüntette fel, több mint négymillió telekügyben érintett ügyfele van).²⁴

Sokan bevásároltak a különleges és olcsó Hold-telkekből, vagy más bolygók területeiből, nem véve figyelembe azt a római jogi és mai napig élő polgári jogi (*nemo plus iuris*) alapelvet, hogy „senki sem ruházhat át másra több jogot, mint amennyivel ő maga bír”, azaz tulajdont csak tulajdonostól lehet szerezni. Bár ez az elv nincs a Világűr szerződésben kifejezetten megemlítve, de a jogértelmezésből egyértelműen következik, hogy az egyénnek nem lehet több joga, mint magának a nemzetnek, azaz senki sem helyezheti magát a közösség felé.

A Világűr szerződés alapjaiban rendezi a tulajdoni viszonyokat, de nem szól a világűrben található erőforrások kitermeléséről, felhasználásáról. Általános alapelvként a világűr kutatását és felhasználását, beleértve a Holdat és más égitesteket, minden ország javára és érdekében kell folytatni, tekintet nélkül az országok gazdasági vagy tudományos fejlettségének szintjére. Azaz valamennyi állam az egyenlőség alapján és a nemzetközi joggal összhangban, minden megkülönböztetés nélkül szabadon kutathat, és az erőforrásokat használhatja úgy, hogy az ott végzett munkát az „egész emberiség közös vállalkozásának” kell tekinteni.

Az emberiség közös öröksége

A Hold megállapodásban²⁵ a jogalkotók ennél jóval tovább mentek, és az egész emberiség közös vállalkozása mellett, amely lényegében a fejlett országoknak, a világűrben aktívan résztvevő álla-

²⁴ www.lunarembassy.com

²⁵ A Holdon és más égitesteken az államok tevékenységéről szóló Hold megállapodás 1984. július 11-én lépett hatályba. Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies, UN RES 34/68, 1979.

moknak kedvezett, egy új – a kevésbé fejlett országoknak is kedvező – jogi formulát intézményesítettek: az „emberiség közös örökségét”. Ebbe a körbe tartoznak a Naprendszer bolygoi – kivéve a Földet –, minden kincsükkel és a hozzájuk vezető és azokat övező pályákkal. A jogalkotó célja, hogy a jövő generációját megvédje, és a világűrben szerzett előnyökből mindenkit egyformán részesítsen, vagyis a természeti erőforrásokat ne hagyja szabadon kiaknázni.

A Hold megállapodáshoz a mai napig csak 11 állam csatlakozott, ráadásul a részes államok közül egy sem képes önállóan eszközöket juttatni a világűrbe. Mi az alulratifikálás oka? Az ok az „emberiség közös öröksége” jogintézményben keresendő. A jogintézmény bár nagyvonalú, valójában hátráltatja a Holdon és más égitesteken a jövőben végzendő kitermelési, bányászati tevékenységet, mert olyan kötöttséget teremt, hogy a Holdon kitermelt anyagokat, azok „gyümölcseit” egy nemzetközi szervezet vezetésével meg kell osztani más országokkal, függetlenül attól, hogy azok milyen mértékben járultak hozzá a vállalkozás sikeréhez. Ez pedig komolyan visszaveti a vállalkozói kedvet, mert a kitermelőt elsősorban a profit érdekli, miközben a szigorú technikai és biztonsági előírások betartása miatt komoly kiadásokra számíthat.

Felmerül a kérdés, hogy mit lehet pontosan tenni az emberiség közös vállalkozásában? Valójában mindent, ami a felfedezést és a tudományos kutatást jelenti. Kizárólag békés célú és a nemzetközi közösség érdekeit védő, a nemzetközi jog szabályait figyelembe vevő, azzal összhangban végzett tevékenységet lehet folytatni. Ennek érdekében az űrben található minden állomás, berendezés és űrjármű minden űrhajós részére nyitva áll, az űrhajósok ezeket szabadon látogathatják, igaz, az objektumok látogatását előzetes bejelentéshez köti a jogalkotó.

Az Antarktisz és a Hold kapcsolata

Az Antarktisz stratégiai, gazdasági és tudományos szempontból rendkívül fontos földterület. A Föld egyetlen, állandó lakosság nélküli jég borította földrészének nemzetközi jogi viszonyait szabályozó egyezményt az ipari nagyhatalmak szövegezték, és sikeresen működtetik a mai napig. Az Antarktisz egyezményben²⁶ lefektetett együttműködés példaként szolgált a nemzetközi közösségnek, bár a nemzeti tulajdonlási igényekről a részes államok közül hét ország

²⁶ Az Antarktisz egyezmény a földrész közjogi státuszát meghatározó nemzetközi megállapodás. A nemzetközi szerződést 1959. december 1-jén kötötték a részes államok első lépésben harminc évre. A szerződés 1961. június 13-án lépett hatályba. Ez az egyezmény biztosítja az Antarktisz törvényes menedzsmentjét. Magyarország „nem tanácsadó tagként”, 1984. január 27-én csatlakozott az Antarktisz szerződéshez.

csak átmenetileg mondott le. A megállapodás részesei – alapítóként tizenkét iparilag fejlett ország – elfogadták azokat a legfontosabb alapelveket, amelyeket később a jogalkotók a Világűr szerződésbe (1967), majd a Hold megállapodásba (1979) is átültettek.

Az Antarktisz egyezményben részes államok garantálják a békés felhasználást, és biztosítják, hogy bármely ország létesíthet az Antarktisz területén tudományos kutatóállomást. Tilos a kontinensen hulladékot, különösen nukleáris és radioaktív hulladékokat tárolni, és a felek kötelezettséget vállaltak arra, hogy nem telepítenek nukleáris és más tömegpusztító fegyvereket, valamint nem folytatnak katonai természetű tevékenységet (pl. hadgyakorlatot, fegyverkísérletet) a térségben. Az államok szabadon kutathatnak és elfogadják, hogy a Déli-sarkvidéken elért kutatási eredményeiket megosztják az emberiséggel. Lényeges, hogy a felek a területi igényeiket fenntartják, ugyanakkor vállalták, hogy 2048-ig semmilyen ásványi anyagot nem nyernek ki a hófehér kontinensről.

A Világűr szerződés lehetővé teszi, hogy a Holdról mintaként kőzetet, ásványi anyagokat a Földre lehozzunk. A Holdról az Apollo program keretében 1961–1972 között már sikerült a Földre szállítani 382 kilogramm holdkőzetet²⁷, amely mintaként szolgál, és a küldő állam, illetve más államok birtokában vannak tudományos hasznosítás céljából.

Bizonyos határig a mintát birtokló jogosulttá válik a kőzet vizsgálatára, azonban ez a szabály nem ad elég garanciát arra, hogy a nagy tételben történő bányászásakor a Földre került anyagokat még mindig mintaként kezelje. Bár a Világűr szerződés alkotóinak nem ez volt a célja, de a szabályozás lényegesen lelassította a versenyt. A részes felek között olyan rendszert alakított ki, amelyben egyik fél sem szerezhett előnyt. A Világűr szerződés ugyanakkor biztosítja, hogy azoknak az államoknak, amelyek a technikai és gazdasági fejlettség miatt jelenleg nem tudnak részt venni a világűr kutatásában, de erre idővel képessé válnának, legyen lehetőségük az egyenlőség elve alapján történő bekapcsolódásra.

Ahhoz, hogy a kitermelési tevékenység vonzóbb legyen a befektetők és a vállalkozók számára, a nemzetközi jog szintjén ezen célok megvalósítását és e tevékenység végzését támogatni, valamint védeni szükséges. A megoldáshoz egy új nemzetközi szabályrendszer megalkotása lenne egy fontos lépés, amely garanciát adna a kitermelőknek arra, hogy összhangban a nemzetközi jog szabályaival,

²⁷ Lunar Rocks and Soils from Apollo Mission. NASA Sample collection, www.nasa.gov

kizsákmányolási tevékenysége ne sértse más államok érdekeit, továbbá a kitermelt anyagokat önállóan felhasználhassa és jól behatárolt keretek között kereskedelmi tevékenység körében profit szerzése céljából értékesítse.

Sorsunk a kezünkben van

Miközben a földi élet kockázatos lett, felelősségünk és érintettségünk is egyre nyomasztóbbá vált. Ilyen körülmények mellett joggal merül fel a kérdés, van-e erkölcsi alapunk kitelepülni a világűrbe, mivel egyre nyilvánvalóbb, hogy a kitelepülés csak valóban végszükség esetére fenntartott megoldás.

Az ember képes a természetet formálni, de teljesen legyőzni nem tudja, még akkor sem, ha erről kezdetben meg volt győződve. Fauszt, a tudományok kiválósága, a híres polihisztor juthat eszünkbe, aki számára nem volt a teremtésnek olyan adománya, amely vágyakozást, boldog megnyugvást vagy éppen elégedettséget okozott volna. Ezért fogadást kötött Mefisztóval, magával az ördöggel: „Ha egyszer így szólnék a perchez, oly szép vagy, ó maradj, ne menj! Akkor bátran bilincsbe verhetsz, akkor pusztulnék szívesen.”²⁸ Mefisztó mindent megtett azért, hogy Fauszt mester elégedett legyen, és ezzel a lelkét megszerezze, de nem sikerült neki. Egészen addig, míg Fauszt doktor a gátak építésekor, – a földnek a tengertől történő elhódításakor, a természet átalakításakor a másokért végzett önzetlen emberi munka során – képzeletében átéli az élet teljességét, amit két kezével és szellemi munkájával alapozhat meg az ember. Képzeletében megjelenik a szabad jövő, amelyben az emberiség kitartó munkával és szorgalommal diadalt arat a természet felett; s ekkor kimondja a végső mondatot: „a pillanathoz esdve szólnék: Oly szép vagy, ó, ne szállj tovább! Nem mossa el megannyi millió év halandó-életem nyomát.”²⁹ Ezzel megállította a percet, és meghalt, de elvesztett lelkét végül az angyali sereg menti meg és emeli fel a magasságba. A küzdő és reménnyel teli ember ugyanis nem bukhat el, az ilyen élet nem hiábavaló.

Nekünk, a több mint 40 000 generációt képviselő³⁰ ma élő embereknek a „Végítélet óra” szerint két és fél szimbolikus percünk van arra, hogy cselekedjünk.

Nem tűnhet úgy, hogy hiába éltünk!

²⁸ Johann Wolfgang Goethe: Fauszt I. Európa Könyvkiadó, Dolgozószoba jelenet, 1980, 149. o.

²⁹ Johann Wolfgang Goethe: Fauszt II. Európa Könyvkiadó, Ötödik felvonás, 1980, 279. o.

³⁰ Carl Sagan: Cosmos. Random House, New York, 1980, p. 365

Magyarok a Marson

Sipos Attila¹, Vizi Pál Gábor²

¹Alkalmazott Mérnöki Tudományok Versenye –
magyarokamarson.hu

²MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

A Magyar Alkalmazott Mérnöki Tudományok Versenye, népszerűsítő nevén a Magyarok a Marson szimulált marsjárómodellek vetélkedője. Beszámoló a verseny több mint 10 éves történetéről és eredményeiről.

Bevezetés

A fejlődés alapja a verseny. A haladás kiváló terepe egy versenysorozat, mely képes felgyorsítani a szakmai fejlődés folyamatát a diákok és fiatal szakemberek számára, akik számos oktatási központból, középiskolából és egyetemről érkeznek. Az évek során a versenyfeladatok megoldása közben keletkezett eredmények később felhasználhatók a fiatal szakemberek saját életében, sőt az előállt megoldások további feladatok megoldásául szolgálhatnak. Új demonstrációs és később szabványosítható módszerek támadhatnak gyakorlatilag a semmiből a versenysorozat évei alatt. De a háttérben a sok független kísérletező és kísérlet áll, ahol a fiatal elmék a kor színvonaláról – mint alapról – indulhatnak, nagyrészt kihagyva vagy átugorva a régebbi technikát. A mai technológiával továbbmutatóan állíthatnak elő újszerű, versenyképes és világszínvonalú eredményt. Az Alkalmazott Mérnöki Tudományok Versenye, jól ismert nevén a Magyarok a Marson (magyarokamarson.hu) több mint egy évtizedes múltra tekint vissza. A verseny alapítója Sipos Attila mérnök. A versenyt, a feladatokat és a versenyzőket, valamint a született megoldásokat számos nemzetközi helyen bemutattuk és publikáltuk, igyekeztünk öregbíteni a hazai tehetségek hírét.

A szerzők és a verseny

Az első verseny lebonyolítása előtt a verseny fő szervezője, Sipos Attila megkereste a KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézetben (RMKI, mai nevén MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont) Dr. Szalai Sándort, az Űrtechnológiai Osztály vezetőjét, hogy segítsen a verseny zsűrizésében. A KFKI RMKI a kilencvenes évek elején az orosz-nemzetközi Mars-rover programban vett részt, amelynek a fedélzeti számítógépét, vezérlő rendszerét fejlesztette. Az osztályvezető egyik fiatal munkatársát, a cikk másik szerzőjét küldte el, hogy segítkezzen a versenyen.

Segítők, önkéntesek

A verseny során számos önkéntes segítő, a támogató intézmények tanárai és diákjai segítették a lebonyolítást. Nevük felsorolása képtelenség lenne, de hadd emeljük ki Dr. Holman Tamást (ChipCAD), aki kezdetektől a verseny egyik legnagyobb támogatója.

Versenyszínek

A verseny helyszínét több oktatási intézmény bocsátotta rendelkezésre. Ezek a kiskunhalasi II. Rákóczi Ferenc Gimnázium (2006–2009 és 2011), az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar Tavaszmező utcai kampusza (2010), a szegedi Déri Miksa Szakközépiskola (2012–2013), az Óbudai Egyetem székesfehérvári Alba Regia Műszaki Kara (AREK, később AMK; 2014–2015) és a Miskolci Egyetem (2016-tól).

Média

Felvételek, fényképek, videók, rádió- és televízióriportok készültek, magát a versenyt a Magyar Csillagászati Egyesület (MCSE) Polaris TV, majd a Galileo Webcast közvetítette és rögzítette, ami a verseny hivatalos, teljes terjedelmű és független videofelvétele. A videomegosztókon számos csapat saját felvétele megtalálható, kiegészítve az adott csapat felkészülési és bemutató videójával.

Versenyek évről évre

Tervezés, szimuláció és megvalósítás. A verseny minden évben egy-egy kerettörténetre épül. A klasszikus közetbolygón felszíni planetológiai vizsgálatok lebonyolítására alkalmas technikák modelljeitől a víz felszínén pozíciót tartó kétéltűeken át a függőleges irányban mozgó űrlifteken keresztül egészen a többszereplős, egymással in situ is versenyző pályákig, ahol a súlytalanságot két dimenzióban megvalósító megoldásokat is létre kellett hozniuk a versenyzőknek. Az egyre nagyobb gyakorlatot szerzett versenyzők számára a szervezők nem ártottak olyan feladatot is adni, hogy a verseny helyén, azaz a célbolygón, a „Marson” kellett a verseny előtt helyben kapott anyagokból összeszerelni a robotot. Ezzel a bolygókutatási technika egy alapvető kérdését szimulálták, azt, hogy a célhelyen található anyagokból kell létrehozni egy majdani nagyobb berendezést, úgy, hogy csak a szerszámokat és némi magas technológiát igénylő alkatrészt visznek a helyszínre.

A kiírások minden évben egy-egy sci-fi mese kerettörténetre épülnek [1]. A szervezők és egyben e cikk szerzői évadonként igyekeznek előzetesen kipróbálni a versenyek feladatait, megkísérelve és egyben biztatásul bemutatva a megvalósíthatóságot. A kezdetektől Sipos Attila minden feladathoz elkészítette a saját megoldását, ami-

ről filmeket készített és az interneten a legnagyobb videomegosztón elérhetővé tette siposattila, majd Attila Sipos felhasználói néven [2].

2010-től Vizi Pál a virtuális térben igyekezett elkészíteni egy részt a terepasztalt, a robotok perspektívájából körbejárva azt [3]. Később az egyes feladatorientált robotok – eltérő megoldásokkal – kerültek a virtuális térbe. A kutatás és fejlesztés fontossága az, hogy képes legyen előállítani egy emulációs környezetet bármely küldetés előtt. Erre előbb a versenyeken van lehetőség, majd később pont erre van szükség az iparban és a kutatásban, az űr és planetáris helyszínek széles spektrumán. Tehát a versenyről bemutató kisfilmeket készítünk, melyek szórakoztatva oktató jellegűek, hogy felkeltsék a lehetséges fiatal versenyzők érdeklődését, mintegy sci-fi ismertető filmekhez hasonlítanak [4].

Küldetések

Minden évben a legfontosabb feladat a robotok automatikus irányítása. A győzelmet csak egy nagymértékben automatizált eszköz képes elnyerni a mezőnyben. A verseny terepe egy 8 x 8 méteres felületű, 12 cm magas fallal körülkerített terepasztal. A versenyzők közvetlenül nem láthattak rá a pályára, azt egy, a pálya fölött elhelyezett szervezői kamera „műholdképéről” vagy bármely saját alkalmazott képtovábbító eszközről teheték. A parancsok kiadása után a végrehajtásig időzítést kellett alkalmazniuk, ami a Föld–Mars kommunikációs időkésleltetést jelképezte. Ez minél több mozgási művelet egyszeri kiadására és beprogramozására, végső soron minél nagyobb autonómia megvalósítására ösztönözte a csapatokat.



2006. Az első versenyen anyagmintát kellett hozni az alfa Mars bázisra. Ezt egy mozgó, manipulátorokkal ellátott eszközzel (célszerűen rover) lehetett elérni. A terep homokkal és sziklákkal borított volt, nehezítve a rajta való közlekedést.



2007. A második küldetésben minél több „energiakockát” kellett kitermelni.



2008. A „terraformálás” következtében létrejött „marsi tavakat” kellett végiglátogatni a 8 x 8 méteres pályán a rovereknek és közben vizet gyűjteni. Fontos szempont volt, hogy a vizes homok ne akadályozza meg a haladásban a rovereket.



2009. 9600 liter „óceánnal és jéghegyekkel meg egy nagy jégmezővel” kellett megbirkózni, hogy a lehető legtöbb „űrhajóst” sikerüljön

megmenteni. A teljes terepasztalt víz fedte. A legjobb csapatok olyan irányítást alkalmaztak, ahol a robot sodródását egyfajta GPS mód-szer és a meghajtás segítségével kiküszöbölték.



2010. A célterület elérése, ahol egy „élőlény” DNS-mintáját kell leolvasni, majd talajmintát gyűjteni, és az űrliften az „űrállomásra” juttatni. Az első év, amikor nem csak a kutatási hely megközelítését és egy mechanikai tevékenységet kellett megoldani, hanem a célterületen egy konkrét mérést is végre kellett hajtani.

A csapatok száma 2010 után annyira megnőtt, hogy az „egy csapat egyedül a pályán” módszer helyett a több, egymással vetélkedő csapat, fordulónkénti bontásban megoldásra kellett áttérni. A feladatok jellege a gyors helyzetfelismerést igénylő, stratégiai és időkritikus irányba mozdult el. Az addig alkalmazott hosszabb, csapatonként akár 45 perces fordulók helyett a 10-20 perces futamokat vezettünk be. A körverseny, kieséses vagy pontszám-súlyozásos futamok lehetőséget biztosítottak a tapasztalatlanabb versenyzők számára is a tapasztaltabbakkal összekerülni, így szerevezve nagyobb rutint. A versenyzők szempontjából mindez egy szimpla verseny, a szervezők, vagy inkább „megrendelők” szempontjából egy hibatoleráns, redundáns flotta létrejötté lett a tudományos cél.

A terepasztal kitakarása 2011-től megszűnt, különös tekintettel a könnyen elérhető két okostelefonos videoközzvetítési lehetőség nagyfokú leegyszerűsödésére. A kitakarás helyett a fiatalok kaptak más típusú, az ügyességüket próbára tevő kihívást. Fontos szempont volt a több szereplős pályán a nagyobb biztonság érdekében a szabad szemes rálátás. Kivételt képez 2016, amikortól a pontos, centiméteres igényű célzás ismét érdekessé tette a robotok saját közvetítő kameráinak alkalmazását, így a paravánok visszakerültek a versenyzők elé.



2011. Célterületet kellett megközelíteni, mintegy elfoglalni a saját területen és a másikén, melyeket piramis alakú célhely detektorok alkottak. Ehhez a pályák közti „csillagkapukon” kellett átjutni. Egy „elbitorolt” piramist újra el lehetett foglalni és ezzel több pontot szerezni, azaz bevezettük az „akárhány cél elérhető” lehetőséget, az addigi néhány fix cél helyett.



2012. Olyan rovarszerű robotot kellett építeni, mely képes a zord „marsi” körülmények között minimális emberi beavatkozással navigálni. A cél minél több területet benépesíteni és megvédeni a többi robottól az értékes „utódokat”. Az év sarkalatos pontja tehát – a 2011-ben bevezetett nehezítéseken kívül – a mozgás lábakkal, ami különösen nehezebb terepeken kifizetődő.



2013. Építeni kellett egy kisméretű kétkerekű robotot, mely képes akár autonóm módon mozogni „Mars City” utcáin. Igazi kihívás volt

az instabil kétkerekű mechanika irányítása, valamint a megvalósításra rendelkezésre állt rövid 3 hónap. Az ez évi cél az irányítástechnika vezérlési ága mellett a szabályozástechnika alkalmazása, egyensúlyozás megoldása. Ehhez vagy a versenyzőknek kellett az ehhez szükséges tudást megtanulniuk, vagy további matematikus, fizikus szakmabelieket bevonniuk. A célterületek felcserélt birtoklásának már bevált módszere további nehézséget jelentett.



2014. A világűrbeli körülményeket, különösen az aszteroidák és üstökösök közelében várható mikrogravitációt légpárnás meghajtással szimuláltuk, mintegy 2D súlytalanságként. A célterületeken kisebb „érzékelő” kockákat kellett elhelyezni, amiket meg kellett védeni, illetve a többiekét be kellett takarítani, így még több pontot lehetett szerezni.



2015. Magyarok a Marson 9.5 – Az év különlegessége az volt, hogy a verseny helyszínén és időpontjában kiosztott tárgyak felhasználásával lehetett részt venni a versenyen, ezek a kiírásban ismertek voltak. Amit hozhattak magukkal a csapatok, a terv, irányítás és programozás, szerszámok. Otthon hosszabb idő volt az elképzelt és szimulált megoldásokra. Helyben rövid idő, az ott elérhető anyagok kötelező felhasználása, ami űrkutatási analógia egy távoli célterületen

a hozott ismeretekkel és eszközökkel a helyi anyagok és adottságok fel- és kihasználására! Olyan, mint egy terepi kivonulás, expedíció a Földön vagy űrbeli célponton, közetplanéta felszínén, bolygón, holdon, aszteroidán, üstökösön, stb. Ráadásként egy trükkös nyomógombos és egy potenciométeres irányítópult, valamint 180 fokos fordulatra képes szervomotorok keserítették meg az életet, mivel a célhelyen „nem volt más” a kiosztott anyagok közt. A helyi feltételrendszernek legalkalmasabban megfelelő a nyerő. Az adott verseny tanulsága, hogy ha nem sikerült volna a pálya, hanem egyenetlen, például egy mező, akkor másik megoldás nyert volna, de a helyi sajátosságoknak mégis a nyertes felelt meg a legjobban.



2016. A küldetés ismét paravánfal mögé zárta a versenyzőket. További megkötésként a pontos, centiméteres pozicionálás és mérés, vagy az aktuális mese szerint inkább mentesítés szerepelt. Az ismert méretű pályán 15 alien oszlop várta, hogy megszabadítsák az idegen „űrszeméttől”. Robot súly- és méretkorlát, szűk fordulási kényszer és trükkös hengerszerű felépítési követelmény nehezítette a versenyzők helyzetét. Az egy nyomógombos irányítás alól felmentést kaptak a versenyzők. A „ki tud több tisztítást elvégezni és ki tudja többször megerősíteni ennek sikerességét, növelve annak hatékonyságát” elv a pontszerzésnél az idén is extra jutalmat eredményezett.

Terveink szerint a továbbiakban is igyekszünk megrendezni a versenyt és reményeink szerint ez a honlapon nyomon követhető lesz.

Tanulmányi folyamat, fejlődés

A verseny résztvevője bárki lehet 0–99 éves korig. A tapasztalatok alapján a versenyzők a műszaki tudományok művelőiből, kedvtelőiből, tanulóiból, tanáraiból és mérnökökből kerülnek ki, akik a villamosmérnöki, informatikai, gépészmérnöki, mechatronikai ismereteket tanulják vagy tanulták.

A versenyre a kedvtelés mellett szakmatanulás, diákköri munkák, mint TDK, szakdolgozat BSc és MSc végzettségekhez, doktori képzés szükséges kutatások végzése céljából érkeznek. A diákok szakmai feladataikhoz, munkájához felhasználják a felkészülés során és a versenyen készített és keletkezett szakmai anyagot, elektronikát, szoftvert és robotokat.

A versenyek győztese tulajdonképpen minden résztvevő, majdnem függetlenül attól, hogy milyen helyezést ért el. Az egyes helyezetteket itt hely hiányában nem sorolhatjuk fel, de a honlapon elérhetőek [1].

Csapatok

A jelentkezett csapatok lefedik az országon belüli és a határon túli szakintézményeket: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME), Óbudai Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Debreceni Egyetem, Eszterházy Károly Egyetem, Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Fizikai Intézet, Pécsi Tudományegyetem Informatikai Kar, Széchenyi István Műszaki Szakközépiskola, Székesfehérvár, Bolyai Szakközépiskola, Nemzeti Közszolgálati Egyetem MSc és Doktori Iskola. Határon túli csapatként a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem kiemelten fontos szereplőként hosszú évek óta jelen van a versenyen.

Támogatók

A támogató nonprofit szervezetek például a lebonyolítási helyszínt adó intézmények. A Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) 2008 óta támogatja a versenyt, 2012-ben pedig jelentős összeggel a verseny fő támogatója lett a nonprofit szférából. Az WTA Wigner Fizikai Kutatóközpontja számos eszközzel segít. Egy sor profitorientált támogató neve a magyarokamarson.hu honlapon és az évenként készült fényképek sokaságán megtalálható.

Publikációk

A verseny ismételt megrendezése, sikere és a fiatalok jelentős fejlődése 2009-től indokoltá tette a verseny eredményeinek publikálását. A planetáris tudományok legnagyobb nemzetközi seregszemlén adtuk be és fogadták be rendre az Education and Outreach és Mission, Payload and Instrumentation Concepts, azaz oktatás és ismeretterjesztés, valamint küldetés és fedélzeti berendezés koncepció szekciókban a szerzők munkáit [5–12]. Számos hazai és nemzetközi tudományos bemutató, például konferenciákon, továbbá ismeretterjesztő előadás – például MTA Sokszínű Fizika Roadshow, Tudományok útja [13] – és cikk született a résztvevőktől. Évenként több hazai újságcikket és beszámolót írtak újságírók és tudományos cikkek szerzői a versenyről [1].

Összefoglaló és következtetés

A Magyar Alkalmazott Mérnöki Tudományok Versenye, népszerű nevén Magyarok a Marson szimulált marsjárómodell-vetélkedőn a versenyzőknek összetett önműködő robotot kell megtervezni, kifejleszteni és megépíteni, kerékkel, lánctalppal, lábakkal, dupla kerekekkel vagy légpárnával mozgatni és manipulátorokkal elvégezni a célterületen a feladatokat. A Magyarok a Marson a fejlődése során az egyszerűbb, egy roveres versenyből a kis méretű, flottaként is működőképes, mérő-érzékelő rajt előállító és működtető vetélkedővé nőtte ki magát. Az így létrejött flotta eljuttat és begyűjt: elnagyolt emberi pozíció-kijelöléssel, helybeli autonómiával. A Magyarok a Marson egyik legfontosabb eredménye a redundancia biztosítása: azonos feladat végrehajtása, de eltérő gyártókkal és eltérő megoldásokkal. Ezt a tudományos eredményt emelnénk ki az űrtan, azon belül is az űrtechnológiai tudomány szempontjából.

Irodalom és hivatkozások:

- [1] Magyarok a Marson honlap, <http://www.magyarokamarson.hu>
- [2] Sipos A. (2011): Hatlábú peterakó (videó), <http://youtu.be/Keh5OlgxuXU>
- [3] Vizi P.G. (2010): Küldetés animáció 2010 (videó), <http://youtu.be/2vO7AgGn-3I>
- [4] Vizi P.G. (2013): Mission animation 2013 (videó), <http://youtu.be/12nfduYfBOE>
- [5] Sipos A., Vizi P.G. (2009): Simulated Mars Rover Modell Competition, LPSC40 #2519, <http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2009/pdf/2519.pdf>
- [6] Sipos A., Vizi P.G. (2010): Simulated Mars Rover Modell Competition 2009-2010, LPSC41 #2649, <http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2010/pdf/2649.pdf>
- [7] Sipos A., Vizi P.G. (2011): Simulated Mars Rover Modell Competition 2010-2011, LPSC42 #2014, <http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2011/pdf/2014.pdf>
- [8] Vizi P.G. (2012): Simulated Mars Rover Model Competition 2011-2012, LPSC 43 #1825, <http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2012/pdf/1825.pdf>
- [9] Sipos A., Vizi P.G. (2013): Simulated Mars Rover Model Competition 2013-2014, LPSC 44 #2850, <http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2013/eposter/2850.pdf>
- [10] Sipos A., Vizi P.G. (2015): Simulated Mars Rover Model Competition 2013-2014, LPSC 46 #2602, <http://www.hou.usra.edu/meetings/lpsc2015/eposter/2602.pdf>

- [11] Sipos A., Vizi P.G. (2016): 10 Years of the Simulated Mars Rover Model Competition, LPSC 47 #2098, <http://www.hou.usra.edu/meetings/lpsc2016/eposter/2098.pdf>
- [12] Sipos A., Vizi P.G. (2016): Ten Years of the Simulated Mars Rover Model Competition, in H-SPACE 2016 - 2nd International Conference on Research, Technology and Education of Space, p. 61, http://space.bme.hu/sites/default/files/sima_lap/Proceedings_H-SPACE2016.pdf
- [13] Tudományok útja, <http://news.uni-obuda.hu/articles/2016/06/15/iv-tudomanyok-utja-tudomany-nepszerusito-rendezyeny>

A Magyar Asztronautikai Társaság 2016. évi tevékenysége – beszámoló

H-SPACE 2016 és E-SGW 2016

Február 25–27. között két nemzetközi konferenciát tartottak Budapesten, a MANT társrendezésében. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Villamosmérnöki és Informatikai Kar (VIK) Egyesült Innovációs és Tudásközpontja második alkalommal adott otthont nemzetközi űrkutatási konferenciának a Műegyetemen. A konferencia címe *2nd International Conference on Research, Technology and Education of Space*, röviden H-SPACE 2016. Építve a 2015. február 13-án rendezett első H-SPACE 2015 konferencia sikerére, az idei esemény lehetőséget biztosított arra, hogy magyar kutatók tudományos eredményei és az űrtevékenységhez kapcsolódó oktatási, ismeretterjesztési tevékenység széles publicitást kapjon. Napjainkban egyre inkább előtérbe kerülnek a különböző okos megoldások (okos ház, okos város), és ezen vízióhoz elengedhetetlenek azok az alkalmazások, amelyek az űrszegmensre alapoznak. Ezért a konferencia kiemelten foglalkozott azzal, milyen szerep hárulhat a kisműholdakra az űrkutatásban és az űrszolgáltatásokban.

A rendezvényen, amelynek együttműködő szakmai partnere a Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács (NHIT), angol és magyar nyelvű előadásokat hallgathattak meg az érdeklődők. A konferenciá-



A konferencia megnyitója (Fotó: Trupka Zoltán)

ra 11 országból érkeztek résztvevők. Az esemény iránti érdeklődés azt is jelzi, hogy hazánk Európai Űrügynökséghez (ESA) történt tavalyi csatlakozását követően a hazai űrszektor lehetőségei jelentősen bővülnek.

Franco Ongaro, az ESA műszaki és minőségbiztosítási igazgatója, az ESTEC technológiai központ vezetője a konferenciát bevezető előadásában áttekintette az űrügynökség tevékenységét, programjait. Külön felhívta a figyelmet arra, hogy számos szakterületen várják a fiatal szakembereket.

A szervezők kiemelt figyelmet fordítottak a fiatalokra. A szekcióban doktoranduszok és fiatal kutatók mutathatták be legújabb eredményeiket. Ennek keretében szó volt például a Műegyetemen készülő SMOG-1 nanoműholdról (PocketQube), alacsony pályára tervezett nanoműholdas küldetéssel kapcsolatos tervezési feladatokról, a geomágneses tevékenységnek az ionoszférára gyakorolt hatásáról.

Az első napot záró oktatási szekcióban magyar nyelven általános, középiskolai és felsőoktatási módszerek, tapasztalatok, valamint iskolán kívüli képzési és ismeretterjesztési formák kerültek terítékre. Szó esett az EUMETSAT műholdas meteorológiai képzési programjáról (EUMeTrain) és az abban való magyar részvételről, a 10 éves alkalmazott mérnöki tudományok versenyéről (Magyarok a Marson), a diákok tehetséggondozásáról és a 18–35 éves „űrgeneráció” számára szervezett MANT programokról, és az ExoMars program előkészítését szolgáló magyarországi analógia kutatásokról.

Február 26-án délelőtt ismét az angol nyelvű tudományos előadásoké volt a pódium. Két szekcióban hangzottak el előadások. Kezdeképp Richard Jones, a konferencia meghívott előadóinak egyike vezette be a hallgatóságot az átfolyósos kémiai reakciók világába, és ismertette a súlytalanságban végezhető kísérletek megvalósítását célzó SpaceFlow projektet. A további előadások témáiból – a teljesség igénye nélkül, inkább a változatosság érzékeltetésére: kisműholdas programok lehetőségei és kihívásai, szenzorhálózatok tervezése idegen égitestek felszínén, kvantumkommunikáció alacsony pályás műholdakkal, személyzetek pszichológiai állapotának vizsgálata beszédelemzéssel.

Közvetlenül a H-SPACE 2016 konferencia után, február 26-án délután kezdődött és 27-én is folyt az ENSZ támogatásával működő nemzetközi szervezet, az űrkutatás iránt érdeklődő 18–35 év közötti fiatalokat tömörítő *Space Generation Advisory Council* (SGAC) első európai űrkutatási workshopja, amelynek szintén a BME adott otthont. A *European Space Generation Workshop* (E-SGW 2016) rendezvényen mintegy 60 fiatal vett részt a kontinens számos országából, akik három munkacsoportba oszta dolgoztak egy-egy ajánlá-



Az SGAC workshop csoportképe (Forrás: SGAC / R. Tlustos)

son. Ezeket a rendezvényt követően európai űrkutatási döntéshozókhoz juttatják majd el, és ismertetik az ENSZ Világűrbizottságának ülésén is. A munkacsoportok témái: európai együttműködés kisműholdas programokban, a fiatal és a tapasztalt szakemberek közötti tudásátadás európai szinten, és a fiatal vállalkozók lehetőségei az európai űrszektorban.

(Űrvilág, www.urvilag.hu)

Táguló határok – könyvbemutató

A MANT kiadásában megjelent Táguló határok – Elek László beszélgetései a 70-es, 80-as évek magyar űrkutatóival című új könyvet március 4-én mutatták be a Millenárison. A mostani kötet előzménye, a magyar űrkutatás kezdeteit bemutató Tudomány születik két évvel ezelőtt, 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 tudománytörténetéhez 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 űrtevékenység 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 tizenötön mesélnek életükről, kutatásairól, eredményeikről. A velük készült interjúk remélhetőleg hűségesen és érdekesen adják vissza e korszak történetét és hangulatát.

A könyvbemutatón Bacsárdi László, a MANT főtitkára és Elek László, a könyv szerzője, az interjúk készítője ismertették röviden kötetet. Az eseményre meghívást kaptak és sokan megjelentek a könyvben interjúval szereplő kutatók is.



Csoportkép a könyv alkotóival, illetve az ünnepélyes bemutatón és beszélgetésen megjelent interjúalanyokkal (Fénykép: Trupka Zoltán)

A könyvben interjúval szereplő 15 jelentős hazai űrkutató névsora betűrendben: Balázs Lajos, Bárczy Pál, Benkó György, Borza Tibor, Csornai Gábor, Farkas Bertalan, Hegymegi László, Karmos György, Lichtenberger János, Magyarai Béla, Remes Péter, Roósz András, Szabó József, Szalai Sándor és Szegő Károly. A függelékben Bognár László, Fejes István és Tarcsai György is szerepel, ők sajnos már nem érhatték meg a könyv elkészítését.

A kötet megjelentetését a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium is támogatta. Az érdeklődők a Táguló határok című könyvhöz először a bemutatón juthattak hozzá, később közvetlenül MANT-tól szerezhetik be (könyvesbolti forgalomba nem kerül). Ára 3490 Ft, amiből a MANT tagjai kedvezményt kaphatnak.

(Űrvilág, www.urvilag.hu)

Dr. Gál Gyula emléktáblájának avatása

Dr. Gál Gyula nemzetközi híró világűrjogász, egyesületünk egyik alapítója és tiszteletbeli tagja, az Ellenőrző Bizottság egykori elnöke 2012. március 19-én hunyt el. Emléktáblájának avatására



épp négy évvel később került sor egykori lakóházánál, a XVI. kerületi Szent Korona utca 12–14. szám alatt. Az emléktábla állítását a ház lakóközössége kezdeményezte, s támogatta Budapest XVI. kerületének önkormányzata, valamint a MANT is. Az ünnepségen a családtagok és az egykori lakótársak mellett Gál Gyula sok barátja, tisztelője és tanítványa is megjelent. Az emléktábla leleplezése előtt rövid beszédet mondott a kerület nevében Kovács Péter polgármester. Gál Gyula emlékét a MANT nevében Almár Iván örökös

tiszteletbeli elnök, a tanítványok nevében Sipos Attila idézte fel.

Ünnepi közgyűlés

Május 26-án tartottuk ünnepi közgyűlésünket abból az alkalmából, hogy napra pontosan 60 éve alakult meg a MANT első jogelődje. A helyszín az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karának légymányosi északi épülettömbje volt. A három ünnepi előadásban a 60 éve alakult TTIT Asztronautikai Bizottságról, a korszakról, a később megalakult MTESZ Központi Asztronautikai Szakosztályáról, illetve egyesületünk jelenéről és jövőjéről is szó volt:

Almár Iván: A kezdetek és az 1960-as évek (eredeti dokumentumokkal)

Apáthy István: A KASZ 1972 és 1986 között

Bacsárdi László: Jelenünk és jövőnk

A közgyűlés elején együttműködési megállapodást írt alá a MANT elnöke, Solymosi János, és a Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület (HTE) elnöke, Magyar Gábor. A megállapodás megkötéséről előzőleg a MANT Elnöksége döntött. A két társadalmi szervezet kölcsönösen népszerűsíti majd egymás szakmai programjait.

Az ünneplés mellett a közgyűlés évente visszatérő, május végéig elvégzendő feladata volt az előző év munkájáról szóló beszámoló elfogadása. A közgyűlésen megjelentek egyhangú szavazással elfogadták az Elnökség javaslatát, és a MANT új tiszteleti tagjává választották Szalai Sándort.

A közgyűlés megtárgyalta és elfogadta a MANT 2016-os költségvetésének tervezetét is. A rendezvényt a megjelent tagtársak ünnepi hangulatú, baráti beszélgetése követte.



*Almár Iván, a MANT örökös tiszteletbeli elnöke az ünnepi közgyűlésen tartott előadásában felidézte a 60-as éveket. A háttérben egy kép az Apollo-11 holdraszállásának élő televíziós közvetítéséből, rajta az előadóval
(Fénykép: Trupka Zoltán)*

A Marson messze túl – diákpályázatunk nyertesei

A MANT által felkért szakértő zsűrik értékelése nyomán készült el a 2015/2016-os tanévre meghirdetett A Marson messze túl című diákpályázatunk díjazottjainak listája. Pályázati felhívásunkat nagy érdeklődés kísérte, a különböző kategóriákban összesen közel 150 pályamunka érkezett a február végi beadási határidőig. 2016. május 21-én Budapesten, a Millenáris D csarnokában, a Felfedező Napja rendezvény nagyszínpadán hirdettük ki ünnepélyesen az idei diákpályázatunk eredményeit. A nyertesek listáját alább közöljük. Nekik, de minden más lelkes pályázónknak is gratulálunk az elvégzett munkájukhoz!

11–14 éves korcsoport, egyéni indulók:

1. díj: Jandó Dániel (Egervári László Általános Iskola, Egervár)
2. díj: Peresztegi Hanna (Móra Ferenc Általános Iskola, Budapest; felkészítő tanár: Krisztikné Berkes Jolán)
2. díj: Bonyák Bence (Tisza-parti Általános Iskola, Szeged; felkészítő tanár: Ceglédi Anna)
3. díj: Lovas Buda Máté (Debreceni Egyetem Kossuth Lajos Gyakorló Gimnáziuma és Általános Iskolája; felkészítő tanár: Szanics Anikó)
3. díj: Radványi Zita (Mezőkövesdi Általános Iskola és Alapfokú Művészeti Iskola; felkészítő tanár: Murányiné Klucsik Judit)

3. díj: Szatmári Tamás (Csabrendeki Általános Iskola;
felkészítő tanár: Bárány József)

11–14 éves korcsoport, csapatok:

1. díj: Bogár-Szabó András, Bogár-Szabó Mihály (Friedrich Schiller Gimnázium, Pilisvörösvár; felkészítő: Bogár-Szabó Ádám)

15–18 éves korcsoport, egyéni indulók:

2. díj: Thei Ákos Vilmos (Kisfaludy Sándor Gimnázium, Sümeg;
felkészítő tanár: Bárány József)

3. díj: Tihanyi Kamilla (Patrona Hungariae Gimnázium, Budapest;
felkészítő tanár: Berezvainé Borus Kára)



15–18 éves korcsoport, csapatok:

1. díj: Balaskó Dominik, Csóka Benedek, Kiss Regina, Sztojka Ádám (Széchenyi István Gimnázium, Sopron; felkészítő tanár: Lang Ágota)

1. díj: Világos Blanka, Nedved Csilla, Pollák Edina (Szent István Gimnázium, Budapest; felkészítő tanár: Horvai Ferenc)

2. díj: Bíró Eszter, Horváth Benedek,

Molnár Bence, Nagy Noémi (Eszterházy Károly Főiskola Gyakorló Általános, Közép-, Alapfokú Művészeti Iskola, Eger; felkészítő tanár: Bulla Márta)

Látássérült kategória:

Különdíj: Szabó Virág (Csabrendeki Általános Iskola; felkészítő tanár: Bárány József)

A díjakat a nyerteseknek Bacsárdi László, a MANT főtítkára adta át, akihez csatlakozott pályázatunk támogatója, a Galaktika magazin főszerkesztője, Burger István.

A Galaktika közlésre méltónak ítélte idei diákpályázatunk egyik csapatának a munkáját, amivel megosztott I. díjat nyertek a 15–18 éves korkategóriában. Világos Blanka, Nedved Csilla és Pollák Edina „Kozmikus krónikák” című írása a júliusi számban jelent meg.

Űrtábor 2016, Debrecen

Több mint harminc fiatal vett részt a július 3–9. között zajló Űrtáborban. Az immár több mint két évtizede, 1994 óta folyó Űrtáborok egykori résztvevői közül nagyon sokan a műszaki és természettudományos pályán indultak el, és több egykori táborozó nevét

országos és nemzetközi elismertség övezi. A minden évben más városba ellátogató tábornak idén újra Debrecen adott otthont. Legutoljára 2001-ben látogatott el a városba a tábor.

A 2016-os tábor programját vasárnap este Bacsárdi László, a MANT főtitkára és Zombori Ottó táborvezető nyitotta meg. A táborozókat hétfőn fogadta dr. Széles Diána alpolgármester asszony, majd a tábor házigazdája, dr. Mihálydeák Tamás, a Debreceni Egyetem Informatikai Karának dékánja. Az év középiskolás üreseményének hete során Debrecenbe látogatott az űrtábor kedvéért az ENSZ Világűrbizottság Tudományos és Technikai Albizottságának nemrég leköszönt elnöke (Both Előd), az NFM Magyar Űrkutatási Iroda vezetője (Tari Fruzsina), az ENSZ támogatásával működő nemzetközi Space Generation Advisory Council hazai képviselője (Milánkovich Dorottya), valamint a hazai Mars-kutatás egyik elismert szakembere (Sik András). A tábor során előadást tartott a Nők a Tudományban Kiválósági Díj idei kitüntetettje (Korsós Marianna) is.



A diákok a hét során izgalmas csapatfeladatot oldottak meg: képzeletbeli űrbányászattal foglalkozó cégeket képviselve mérték össze tudásukat és kreativitásukat. Közben előadásokat hallgattak, bemutatókon, kerekasztal-beszélgetéseken vettek részt, neves hazai űrszakemberekkel ismerkedhettek meg kötetlen körülmények között. Fagyit főztek az MTA ATOMKI-ban, ellátogattak az Agora Tudományos Élményközpontba, űrfelvételeket tanulmányoztak a Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszékén. A szabadidős programból nem maradhatott ki a környék megismerése: debreceni városnézés, strandolás, csillagnézés, hortobágyi túra, erdélyi kirándulás.

Űrpaprikát a Nemzetközi Űrállomásra!

18–35 év közötti fiatalok találkoztak augusztus 11–14-én Gödöllőn a MANT Űrakadémián, hogy egy kísérletet tervezzenek a Nemzetközi Űrállomásra. A megalapításának 60. évfordulóját idén ünneplő civil szervezetünk – együttműködve a fiatal űrszakembereket képviselő nemzetközi Space Generation Advisory Council (SGAC) szervezettel – 2015 után idén nyáron másodszor rendezte meg a MANT Űrakadémiát. A négy napos rendezvényen részt vevő fiatalok ebben az évben azt a feladatot kapták, hogy az Űrakadémia végére közösen tervezzenek meg egy kísérletet a Nemzetközi Űrállomás (*International Space Station*, ISS) fedélzetére.

Az Űrakadémia négy napja során hazai szakemberektől betekintést kaptak az ISS, az emberiség legnagyobb közös tudományos vállalkozása működésébe, a hosszú idejű súlytalanság által nyújtott páratlan lehetőségekbe. Bár Magyarország közvetlenül nem vesz részt az ISS működtetésében, de az Európai Űrügynökség (ESA) az egyik fő partner az együttműködésben. Ráadásul a korábbi években számos alkalommal nyílt lehetőségük magyar kutatóknak is kísérleteket végezni a világűrben. Emellett nem egy olyan alapvető fontosságú berendezés szolgál jelenleg is az ISS fedélzetén – akár az űrhajósokat érő sugárdózist mérő, akár a rádiós kommunikációs rendszer részeként –, amely magyar mérnökök és kutatók munkáját dicséri. Ezekről is tájékozódtak az Űrakadémia résztvevői, személyesen is megismerkedve a magyar űrkutatás és űripár vezető szakembereivel.

Az Űrakadémia helyszíne idén is a Szent István Egyetem kolégiuma volt Gödöllőn. Az első napi bemutatkozáskor informatikus, biológus, menedzser, bölcsész, fizikus, villamosmérnök, mechatronikai mérnök és még számos egyéb szakterület került felsorolásra, jól mutatva az űrtevékenység sokszínűségét. A résztvevők között most érettségizett diáktól kezdve posztdoktori kutatóig bezárólag a 18–35 éves korosztály teljes palettája megtalálható volt. A második napon az előadások mellett megkezdődött a közös munka. A munkacsoportokban felmerült számos ötlet közül végül kettőt mutattak be szombaton, az egyik a kiterjesztett valóságra koncentrált, a másik pedig egy paprikával kapcsolatos kísérletre. A résztvevők ezután ismét három csoportban folytatták a munkát, melyek a közösen kiválasztott űrpaprikás kísérletet járták körbe különböző szempontokból. A rendezvény végére összeálló kísérleti tervet az utolsó nap délelőttjén prezentálták az NFM Magyar Űrkutatási Iroda vezetőjének.

Bacsárdi László, Milánkovich Dorottya (Galaktika)

Űrkutatás Napja 2016

Ismét egy pénteki napon, október 21-én rendezte meg a MANT az Űrkutatás Napját, az Óbudai Egyetem Tavaszmező utcai campusán. Az épület előtt idén a Stratolab Kft. jóvoltából egy digitális planetárium is a vendégek rendelkezésére állt, ahol egy hét perces lélegzetelállító kisfilmet nézhettek végig az érdeklődők. A Stratolab Kft. az Űrkutatás Napján írt alá együttműködési megállapodást a MANT-tal.

A rendezvény pár perccel 13 óra után vette kezdetét, egy műhelybeszélgetéssel, ahol több szakértő is nyilatkozott a magyar űrmérnöki szak lehetőségeiről, de a párbeszédbe bármikor csatlakozhattak a nézők soraiból is. A résztvevők először 5-5 percet kaptak, hogy kifejtsék véleményüket, illetve hogy reagáljanak az előttük felszólalók érveire. A beszélgetés konklúziójaként elmondható, hogy a szakértők szerint feltétlenül szükséges, de legalábbis szükséges lesz egy űrmérnök, vagy ahhoz hasonló szak megalkotása Magyarországon. Fontos viszont, hogy a hallgatók csak egy szűk keretének lenne lehetősége ennek hallgatására, csakis angol nyelven és valószínűleg több egyetem, külföldi oktatók közreműködésével.



Az Űrkutatás Napja második blokkjában húsz perces előadások hangzottak el különböző aktuális témák kapcsán. Elsőként Tari Fruzsina (NFM MŰI) szólalt fel, aki mintegy a tavalyi beszédére reflektálva mondta el az ESA-csatlakozásunk óta eltelt év fejleményeit. Előadásában három témakört érintett: az ESA-tagságunk elmúlt egy évét, annak eredményeit, illetve kitért arra is, hogy mi várható a közeljövőben.

Második előadóként Hirn Attila, az MTA Energiatudományi Kutatóközpont munkatársa kapott mikrofont, aki a Rosetta küldetés elmúlt két évéről mesélt. Az űrszonda közel tíz év alatt érte el az üstököst, ebből három évig ki is volt kapcsolva. A leszállóegység három napon keresztül végzett méréseket a felszínen, majd később a keringőegység is az üstökösmagra ért. Arról, hogy melyik volt a legfontosabb felfedezés, nagyon nehéz nyilatkozni, hiszen rengeteg jelentős kutatás indulhatott a Rosetta küldetése kapcsán. Maga a felszín is meglepetéseket rejtett magában, például a földi élet eredete kapcsán. Bár az üstökös fényvisszaverő képessége nagyon alacsony, mégis a feljavított képek – melyek kutatók százait fogják az íróasztal elé szegezni – egy egészen különleges világot tártak elénk.

Both Előd, a MANT alelnöke a jelenlegi európai Mars-kutatás eredményiről beszélt, ezen belül is részletesebben az ExoMars küldetésről. Elmesélte, hogy maga a program elég nehézkesen indult, főleg finanszírozási szinten. Éppen ezért is történhetett, hogy az első misszió ilyen jelentős késéssel tudott csak elindulni. Az elmúlt napokban bolygó körüli pályára állt a Trace Gas Orbiter űrszonda műszer, október 16-án sikeresen levált a leszállóegység, ám a felszín elérése október 19-én sajnos sikertelen volt. Valószínűleg az ernyő kinyitásával lehetett gond, és a műszer becsapódhatott a Mars felszínébe. A kudarc ellenére az ExoMars program folytatása várható, de Both Előd hangsúlyozta, hogy további késésekre nincs lehetőség, hiszen a már ott lévő egységek működési ideje véges.



A rendezvény befejező előadása során Almár Iván mesélt és vetített képeket a MANT alakulásáról, annak történetéről. Ezt a MANT idei díjainak átadása követte, majd Solymosi János elnök felvágta a MANT születésnap tortáját. 2016-ban a MANT Nagy Ernő-díját Zombori Ottónak ítelték. A másik kitüntetett Arnócz István volt, aki a Magyar Asztronautikai Társasáért Oklevelet kapta.

A rendezvény után a résztvevők még hosszasan beszélgettek egymással, az előadókkal, akinek pedig alkalma nyílt még egyszer végignézhetette a digitális planetárium vetítését.

Kardos Vivien (Űrvilág)

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó.....	3
Válogatás az űrkutatás 2016-os eseményeiből	4
A kínai űrtevékenység 2016-ban – Szentpéteri László.....	38
Sugárdózismérés a Nemzetközi Űrállomáson orosz–magyar együttműködésben – Strádi Andrea, Szabó Julianna.....	46
Obsztanovka – Földi környezetismeret – Nagy János, Balajthy Kálmán, Horváth István, Sódor Bálint, Szalai Sándor, Lipusz Csaba, Vizi Pál Gábor	52
A Kepler-űrtávcső K2 küldetésének új eredményei – Futó Péter.....	59
Az emberiség hódítása a világűrben – Sipos Attila	67
Magyarok a Marson – Sipos Attila, Vizi Pál Gábor	81
A Magyar Asztronautikai Társaság 2016. évi tevékenysége – beszámoló.....	92
H-SPACE 2016 és E-SGW 2016	92
Táguló határok – könyvbemutató	94
Dr. Gál Gyula emléktáblájának avatása	95
Ünnepi közgyűlés	96
A Marson messze túl – diákpályázatunk nyertesei	97
Űrtábor 2016, Debrecen	98
Űrpaprikát a Nemzetközi Űrállomásra!	100
Űrkutatás Napja 2016	101



Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület (HTE)

A Hírközlési és Informatikai Egyesület (HTE) tekintélyes, közel hetven éves múltjával hazánk infokommunikációs szektorának legpatinásabb szervezete. Munkássága a távközlési és az informatikai iparágtól, a hagyományos postai szol-

gáltatásokon át, az internetig és a médiavilágig terjed. Berkein belül több mint 20 szakmai közösség munkálkodik meghatározott célok érdekében. Az egyesület szerteágazó kapcsolatrendszerének, valamint szakmai taglistájának (amely lefedi az infokommunikációs szektor szinte teljes területét) köszönhetően teret ad a különböző vélemény- és információcseréknek, professzionális párbeszédnek, közös cél érdekében folytatott kollektív munkásságnak. Lehetőséget biztosít arra, hogy az iparág valamennyi képviselője kommunikáljon fontos kérdésekben, kifejtse a jelen nehézségeit, illetve jövőbeli elképzeléseit. Mindeközben az egyének szakmai kiemelkedésének, véleményformálásának is utat enged. A HTE több évtizedes elismertségének egyik alapja, hogy mind munkásságában, mind véleményformálásában szakszerű, kiegyensúlyozott és független, felülemelkedik az esetleges politikai vagy éppen vállalati érdekeken. Rendszeresen szervez különböző rendezvényeket, klubesteket és konferenciákat, amelyekről a HTE honlapján (www.hte.hu) és elektronikus hírlevelében lehet értesülni. Az egyesület számos rangos hazai és nemzetközi konferenciát is lebonyolított már szervezőként. Folyóirata a magyar nyelvű *Híradástechnika* és az angol nyelvű *Infocommunications Journal*.

Az 1949-ben alapított HTE és az 1956-ban alapított MANT-jogelőd szervezetek már a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége (MTESZ) tagjaiként is hol lazább, hol szorosabb kapcsolatot ápoltak egymással. A MANT 2016. május 26-i ünnepi közgyűlésén a HTE és a MANT együttműködési megállapodást írt alá. Az együttműködés lehetőséget kínál a szakmai egyesületi tevékenységek összekapcsolására, ezzel szinergikus előnyök elérésére, különös tekintettel ismertségük erősítésére a fiatalok körében, a különböző szakmai területek sokszínűségének láttatására. A HTE elnöksége pedig a 2016. október 18-i ülésén társaságunk főtíkárárt, Bacsárdi Lászlót egy évre címzetes szenátorrá választotta, hogy segítse a HTE kapcsolatát elmélyíteni az ürtevékenység területén. A HTE és a MANT közösen szervezett egy HTE Távközlési klubestet 2016. november 24-én, *Ürbányszat – A jövő beruházása vagy interplanetáris kapzsóság?* címmel a Müegyetemen.



Fent a MANT a Felfedezők Napja című tudománynépszerűsítő rendezvényen (Millenáris D csarnok, Budapest, 2016. május 21.) egész nap várta az űrtevékenység iránt érdeklődő látogatókat. Délután a nagyszínpadon adtuk át A Marson messze túl című diákpályázatunk nyerteseinek a díjakat. (Fotó: Trupka Zoltán)

A hátsó borítón a 2016. évi MANT Űrtábor (Debrecen, július 3–9.) résztvevői a Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszékének épülete előtt, madártávlatból, egy pilóta nélküli repülőgépről készített fényképen. (Fotó: Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék)

