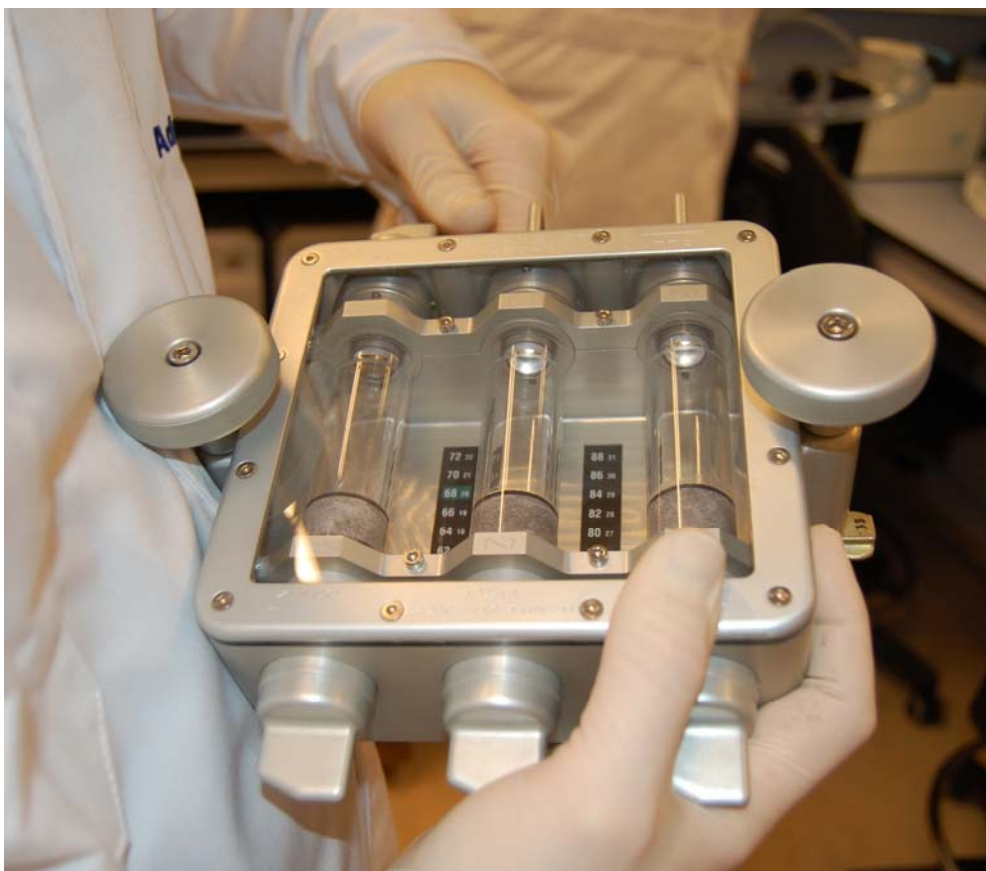


ÚRTAN ÉVKÖNYV 2010-2011



Az Asztronautikai Tájékoztató 62-63. száma

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság



Érdeklődők a MANT sátra előtt a budapesti Tudományok Hídja rendezvényen, a Lánchíd pesti hídfőjénél, 2011. szeptember 17-én. Az először megrendezett nagyszabású tudomány népszerűsítő eseményre mintegy húszezren voltak kíváncsiak, közülük sokakat az űrtevékenység is érdekelt. Tagtársaink játékos feladatokkal, ajándékokkal hét órán keresztül várták a folyamatosan érkező látogatókat.
(Fotó: Spányi Péter)

Címlap: 2010. február 3-án a Progressz M-04M teherűrhajóval indult a Nemzetközi Űrállomásra a miskolci Admatis Kft. fémhabosítási kísérlete. A FOCUS (*Foam Casting and Utilization in Space*) kísérlet az Európai Unió és az Európai Űrügynökség SURE programja támogatásával valósult meg, ahol korábban a legjobb ipari pályázatnak minősítették. A kísérletet február 7-én az űrállomás fedélzetén Jeffrey Williams amerikai űrhajós sikeresen végrehajtotta. A képen a FOCUS eszköz látható a földi összeszerelés és teszt során.
(Kép: Admatis Kft.)

ŰRTAN Évkönyv 2010-2011

Az Asztronautikai Tájékoztató 62-63. száma

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság



Magyar Asztronautikai Társaság

ŰRTAN Évkönyv
2010-2011

Asztronautikai Tájékoztató
62-63. szám

Szerkesztette: Dr. Frey Sándor

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

Felelős kiadó: Bacsárdi László főtitkár

kézirat gyanánt

HU ISSN 1788-7771

Készült 400 példányban

Előszó

Az *ÚRTAN Évkönyv* mostani kötete ismét két év összevonásával jelenik meg, s ezt a megoldást megint csak a kényszer szülte. Az elmúlt két év, 2010 és 2011 során – amint szokásos összefoglalónkból olvasóink is meggyőződhetnek róla – számos fontos eredményt, újdonságot hozott a világ űrtevékenysége. A lehetőségeihez mérten Magyarországon is kitett magáért az űrkutatók közössége.

A Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) életében fordulópontnak bizonyult 2010, méghozzá nem jó értelemben. Az év őszére – önhibáján kívül, hazai űrkutató intézményekkel együtt – válságos pénzügyi helyzetbe került több mint fél évszázados társadalmi szervezetünk. Ennek kiváltó oka az volt, hogy a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal (NKTH) korábban megítélt, utófinanszírozású pályázati támogatását röviddel az év végén lejáráó futamidő előtt visszavonta. Így a már jóhiszeműen, terv szerinti programjainkra, működésünkre, például az előző Évkönyvünk nyomdai költségeire elköltött összegekhez nem juthattunk hozzá.

Mindennek súlyos következményei lettek. Fel kellett mondanunk egyetlen titkársági alkalmazottunknak, Bán András tagtársunknak, aki alapvető szerepet játszott az egyesületi élet megszervezésében. Takarékosági okból meg kellett szüntetnünk irodánkat is. Nem tudtuk tovább postázni havi Űrkaleidoszkópjainkat. A MANT Körlevelei nem havonta, csak negyedévente jelennek meg. Mindezt ellensúlyozandó, egyre több információ olvasható internetes honlapunkon

A mostani Évkönyv, és benne a tevékenységünkről szóló színes összefoglaló is bizonyítja, hogy a MANT – főképp tagjai önzetlen támogatásának és az 1%-os adófelajánlásoknak köszönhetően – átvészelte ezt a nehéz időszakot, sőt sok tekintetben meg is tudott újulni. A tagdíjakat nem emeltük, inkább szeretnénk minél több embert tagjaink sorában tudni. Talán jelképesnek is tekinthető, hogy a MANT túlélte ezt a válságot, de az NKTH mostanra már nem létezik...

Úgy hiszem, a mi feladatunk, hogy – a történeteket nem feledve – előre tekintsünk. A megújulás jegyében 2010 tavaszán hirdettünk először eredményt azon a diákpályázaton, amelyen már nem csak írásos dolgozatokkal, de akár rajzokkal, tervekkel vagy feladatmegoldásokkal is versenyezhettek az űrkutatás iránt érdeklődő fiatalok. Nyitottunk a látássérült pályázók felé is. Ugyancsak 2010-től felújítottuk a nyári ifjúsági űrtáborok hagyományát. A mostani Évkönyvben pedig először jelennek meg olyan szakmai-ismeretterjesztő cikkek, amelyeket nyilvános felhívásunkra küldtek be szerzőik.

Remélem, olvasóink is élvezik majd az Évkönyv változatos tartalmát, és akár évek múlva is leveszik a polcra a kötetet, ha 2010 vagy 2011 eseményeit szeretnék visszaidézni.

Budapest, 2012. február

A szerkesztő

Válogatás az űrkutatás 2010-es és 2011-es eseményeiből

Összeállította: Dr. Frey Sándor

Összeállításunkban elsősorban az Űrvilág internetes hírportál (www.urvilag.hu) anyagaiból válogattunk. Az eredeti hírek, beszámolók, összefoglalók szerzői: *Almár Iván, Balázs László, Dancsó Béla, Ehmann Bea, Frey Sándor, Kovács Zsuzsanna, Németh Péter, Pálfalvi József*. A felhasznált képek túlnyomó része NASA, ESA és JAXA fotó.

2010. január

Haitit figyelik a műholdak. A karib-tengeri ország fővárosát és környékét sújtó nagy erejű földrengésben akár százezren is életüket veszthették. A természeti katasztrófa egy igen szegény országra mért csapást január 12-én. A gyengén megépített épületek miatt a máshol megszokottnál is nagyobbak a veszteségek. A mentés, a sérültek és a túlélők ápolása megoldhatatlan feladat elé állítja a helyi hatóságokat. Azok a segélyszervezetek, amelyeknek már sikerült eljutni Haiti területére, nagy hasznát vehetik a műholdas felvételeknek és adatoknak is. A földrengést követően azonnal aktiválták azt a nemzetközi egyezményt (*International Charter on Space and Major Disasters*), amelynek keretében a résztvevő űrügynökségek és műhold-üzemeltetők ingyen, a lehető leggyorsabban rendelkezésre bocsátják a térségről készített felvételeiket. Így naprakész információk szerezhetők a rombolás területtől függő mértékéről, a mentés állásáról. Néhány földmegfigyelő műhold, amely részt vesz a feladat végrehajtásában: ALOS (Japán), Spot-5 (Franciaország), WorldView, QuickBird (USA), RADARSAT-2 (Kanada), HJ-1-A/B (Kína), ERS-2, Envisat (Európai Űrügynökség).



*A WorldView-1 műhold felvételén Port-au-Prince székesegyházának romjai, 2010. január 13-án.
(Kép: Digital Globe)*

Nem éledt fel a Phoenix. Marskutatók megpróbálták megismételni a Spirit és Opportunity szondapárossal véghezvitt bravúrt a Phoenix-szel is, a marsi tél elteltével életre kelteni. Ám ezúttal úgy tűnik, marad az eredetileg tervezett élettartam. A legutóbbi leszállóegység néma maradt. A NASA „kettős játékot űz” a Marson. Az űrszondáinak hagyományosan kevés üzemidőt jósolnak a repülések kezdetén, aztán „örülnek”, hogy az eszköz messze túlszárnyalja a várakozásokat. Így volt ez a MER szondapáros esetén is, amikor a három hónapos üzemidőből több év lett. És úgy tűnik ezt várták a Phoenixtól is, amely azonban nem látszik visszaigazolni a ki nem mondott várakozást: a marsi tél elmúltával nem éledt fel, nem érkeznek jelek tőle. A Mars Odyssey szonda a január végén három napot szánt a Phoenix rádiójeleinek detektálására, összesen 30 keringése során, amikor a leszállóegység tartózkodási helye fölött repült át. Ám a kísérlet nem sikerült, az Odyssey semmilyen jelet nem fogott a Phoenix felől, amely az elmúlt időszakot a marsi tél zord hidegében, sötétben töltötte, így nem kapott elegendő energiát a napelemekről. A NASA a kudarcot úgy kommentálta, hogy egyébként is vajmi kevés esély volt a sikerre, hiszen az Phoenixet nem úgy tervezték, hogy az újraindítható legyen, de egy próbálkozást mindenképpen megért. A legutóbb 2008 novemberében rádiójeleket küldő szonda közel fél évet működött a vörös bolygó északi poláris vidékén és megtalálta a vizet a Marson. A leszállóhely sarki elhelyezkedése miatt a tél (és a fényhiány) sokkal tovább tartott a szonda számára, mint a korábban sikeresen „feltámasztott” MER szondák esetében. A kutatóknak egyetlen reménye maradt még. A későbbiekben, talán március-április táján a Nap magasabbra emelkedik a marsi égen, a több napfény pedig több energiát jelent. Esetleg a szonda mégis működésbe léphet a megnövekedő hőmérsékletben és a több energia hatására. A terület áprilusra folyamatos napsütésben fürdőzhet. Ekkor fognak az Odyssey szondával egy újabb, a mostanihoz hasonló rádiójel-keresést végrehajtani. *(A sikertelen próbálkozásokat végül 2010 májusában adta fel hivatalosan is a NASA.)*

2010. február

Amerikában leállítják a Constellation programot. A Fehér Háznak a NASA számára kidolgozott 2011-es költségvetési javaslata nem tartalmazza a Holdra való visszatérés programjának folytatását. A rendelkezésre álló forrásokat Barack Obama elnök ugyanakkor más célokra – például a Nemzetközi Űrállomásnak a korábban tervezett 2016-nál tovább tartó üzemeltetésére, az azt kiszolgáló magán-űrhajófejlesztésekre, új űrtechnológiák kidolgozására, klímakutatásra – csoportosíttatná át.



FOCUS az űrben – miskolci vállalkozás űrkísérlete. 2010. február 3-án a bajkonuri űrrepülőtérrel elindult a Progressz M-04M (más jelöléssel 36P) jelű automatikus teherűrhajó. Az űrhajó február 5-én összekapcsolódott a Nemzetközi Űrállomással. Az ezt követő órákban az űrállomás személyzete átrakodta a szállítmányt. A csomagok között ott volt a FOCUS (*Foam Casting and Utilization in Space*) kísérletet tartalmazó doboz is. A FOCUS csomagot egy miskolci kisvállalkozás, az *Admatis Kft.* küldte a fentieknek *(ld. még Évkönyvünk címlapképét)*. Ezzel megkezdődött egy fantasztikus kaland utolsó, legfontosabb része: magyar habosítási kísérlet mikrogravitációs körülmények között, a Nemzetközi Űrállomás európai Columbus moduljában.

Magát a kísérletet Jeffrey Williams amerikai űrhajós végezte el, február 7-én. A végrehajtást földi operátor irányította Münchenből, amit az Admatis munkatársai az Európai Űrtechnikai Központ (ESTEC, Noordwijk, Hollandia) Felhasználósegítő Központjából (USOC) követték. Az űrhajós rögzítette a kísérleti eszközök tartályát, majd egy zárszerkezet elfordítá-

sával bekapcsolta a megvilágítást és a gázrendszert, így megindult a habképződés. Amikor a hab elért egy adott magasságot, az asztronauta elzárta a habrendszert, majd nyomon követte a habstruktúra változását. Az asztronauta a két órás munka után azt közölte, hogy a kísérlet sikerült. A mikrogravitációs körülmények között elvégzett habosítást filmre vették, amit itt a Földön az Admatis Kft. munkatársai a következőkben kiértékelnek. Az űrbeli folyamatok alapján a különleges tulajdonságokkal bíró fémhabok előállítását tovább optimalizálhatják, az elvégzett kísérlet alapján kedvezőbb tulajdonságú szerkezeti anyagok ipari előállítására nyílnak lehetőségek. Ezt a későbbiek folyamán akár az újabb fejlesztésű űreszközök gyártásában is felhasználhatják, és a tervezett új űrhajók ill. marsi lakóegységek egyik alapanyagát képezhetik. A konkrét kísérletben az innováció és a siker alapeleme a habgenerátor, a kísérlet alapvető célja pedig a homogén fémhab előállítására alkalmas technológia kifejlesztése volt.

Az előzmények messzire nyúlnak vissza. Az Admatis Kft. 2006-ban tette meg javaslatát az ESA-nak, s ekkor nyerte el a kísérlet végrehajtásának a lehetőségét az űrállomás fedélzetén. A siker kettős volt: egyrészt a kísérlet választ ad egy fizikailag tisztán értelmezhető – és az Admatis földi fémhab-technológiájában kulcskérdésnek számító – tudományos kérdésre, másrészt a cég maga tervezhette és kivitelezhette a kísérleti berendezést, azaz megváltotta a belépőjegyet az űripari kivitelezők szűk körű klubjába.

A FOCUS a második magyar anyagtudományi kísérlet a világűrben. Az elsőt Farkas Bertalan végezte, 1980-ban, épp 30 évvel ezelőtt. A mostani kísérlet minden részletében pontosan előkészített, sokszorosán kipróbált és adatgazdag mérés, precízen meghatározott kísérleti körülmények között, konkrét technológiai céllal. Ez a cél nem más, mint habcellás anyagok földi gyártása.

STS-130: felszállt az Endeavour. Február 8-án az űrsikló, fedélzetén hat amerikai űrhajóssal, rendben elindult a Nemzetközi Űrállomáshoz. Az Endeavour gyönyörű éjszakai start során emelkedett fel a floridai óceánpartról. A raktérben felszállított *Tranquility* modul és *Cupola* kilátókabin az utolsó, nem orosz gyártmányú, még felszerelésre kerülő nyomás alatt álló egységei az égi támaszpontnak.

A *Tranquility* (Node-3) modul lesz a végleges otthona annak az életfenntartó egységnek, amely a hat fős állandó személyzet kiszolgálását lehetővé teszi. Ehhez az egységhez csatlakozik majd a *Cupola* elnevezésű megfigyelő modul is. Ez utóbbi egy hét ablakos, boltozatos felépítésű obszervatórium, ahonnan a legénységnek panoráma jellegű kilátása lesz a világűrre, ill. a Föld irányába, és innen irányítják majd az Űrállomáson működő Canadarm-2 robotkart is.

Az Endeavour (STS-130) február 22-én tért vissza a Földre.

Amerikai napkutató műhold. Február 11-én Atlas-5 rakétával Floridából indult a NASA *Solar Dynamics Observatory* (SDO) műholdja. Feladata a Nap folyamatos megfigyelése, központi csillagunk változásainak, azok Földre gyakorolt hatásának a vizsgálata. A cél, hogy a Napon megfigyelhető változások elemzése nyomán közelebb jussanak az űridőjárás előrejelzésének képességéhez. Hogyan keletkezik, és milyen a finomszerkezete a Nap mágneses terének? A mágneses energia hogyan alakul át, miképpen jut – a napszél, a nagyenergiájú részecskék, a napsugárzás révén – a Föld közvetlen környezetébe? A küldetés egyik fontos újdonsága a nagy időbeli felbontás elérése. Az űreszköz 28,5°-os hajlásszögű geoszinkron pályára kerül, tervezett élettartama legalább öt év.

2010. március

GOES-P: új amerikai meteorológiai műhold. A GOES-P (*Geostationary Operational Environmental Satellite-P*) a floridai Cape Canaveralról indult, Delta-4 hordozórakétával, március 5-én a Föld felszínének egy adott egyenlítői pontja fölé, geostacionárius pályára,

kb. 36 ezer km-es magasságba kerülő műhold egyelőre tartalék lesz, de később folyamatos megfigyelés alatt tartja majd a légköri jelenségeket, méri az óceáni és felszíni hőmérsékletet. Adatait elsősorban az időjárás-előrejelzésekben, valamint a különleges és veszélyes meteorológiai jelenségek (például hurrikánok) követésében, a lakosságnak szóló figyelmeztetések kiadásához hasznosítják. Fő feladatán kívül távközlési átjátszóállomásnak és keresési és mentési szolgáltatásokra (vészjelzések adatátvitelére) is használják majd egyes fedélzeti berendezéseit. A Nap röntgensugárzását vizsgáló *Solar X-Ray Imager* (SXI) műszer pedig a naptevékenységet és annak földi hatásait (az űridőjárást) kutatja.

A helyhez kötött Spirit hasznosítása. A 2004. január óta a Marson tevékenykedő Spirit rover a Guszev-kráternél a homokos talajba ragadt, a kiszabadítására irányuló lépések nem vezettek eredményre. Az utóbbi nyolc hónapban nem sikerült a déli szélesség 14,6 és a keleti hosszúság 175,5 fokos helyéről elmozdítani, bár a rádiókapcsolat fennmaradt. A NASA szakemberei arra utasították a robotot, hogy olyan helyzetet vegyen fel, melyben napelemtábláit maximálisan éri a napsugarak. Erre azért van szükség, hogy a Spirit túlélje a most következő téli időszakot, amikor -45°C -os hőmérséklet várható. Feltételezve, hogy ismét sikerül túlélnie a telet, a JPL kutatói most azon dolgoznak, hogy a helyhez kötött robotnak fontos tudományos feladatot találjanak.

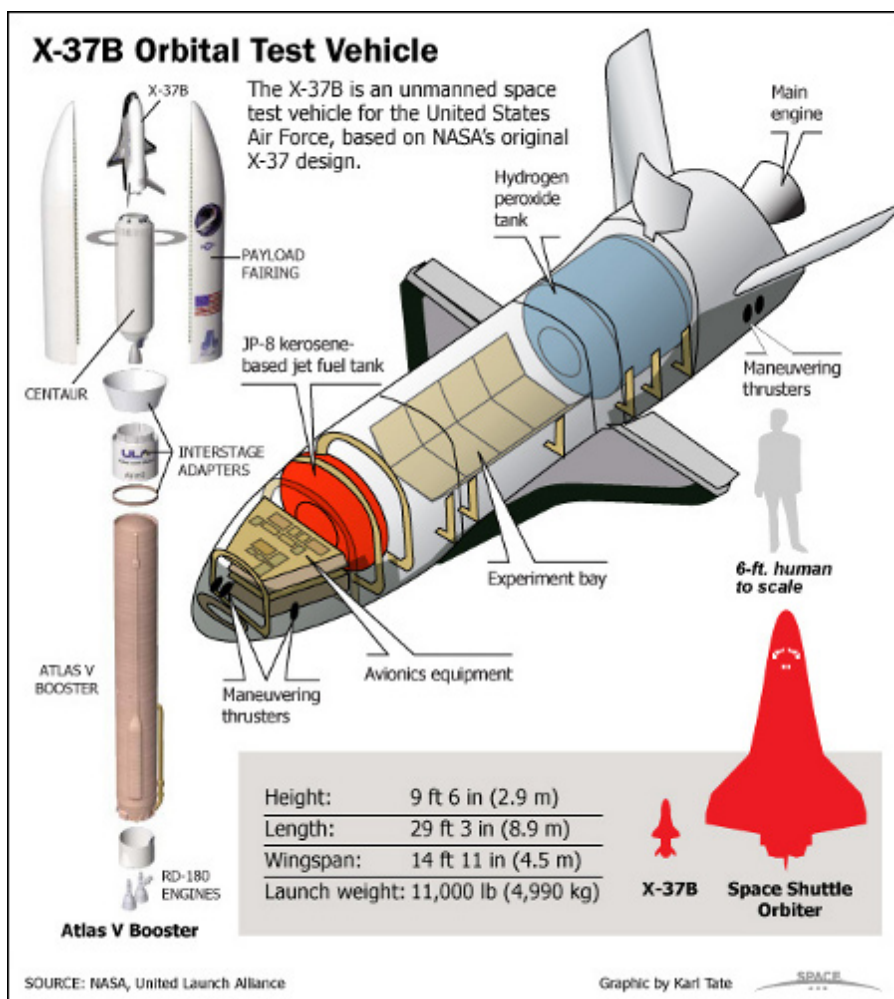


Követve a Spirit rádiójelzéseit pontosan meg lehet határozni a rover térbeli mozgását (3 dimenzióban). Ez a mozgás részben a Mars keringéséből, részben tengelyforgásából tevődik össze, amelyre ráakódik még a Nap és a Mars-holdak igen csekély perturbációs hatása. Ki lehet azonban számítani, hogy milyennek kell ennek a térbeli mozgásnak lennie, ha a Mars magja szilárd vasból áll, illetve amennyiben ez a mag folyékony. Az eltérés kicsi, de ha sikerül a Spirit helyzetét elég hosszán és elég pontosan meghatározni, akkor fontos információk szerezhetők a Mars belső szerkezetéről. Mintegy 6 hónapnyi követésre lesz szükség az eredményhez. A mozgásképtelen Spirit műszerei érdekes adatokat gyűjthetnek még a marsi légkör kölcsönhatásáról a talajjal, illetve a rovert körülvevő talaj változásairól.

2010. április

STS-131: úton a Discovery. Az április 5-én startolt Discovery elsődleges rakománya a Leonardo többcélú logisztikai modul. A többször felhasználható tehermodul tartalék alkatrészeknek, új felszereléseknek és ellátmány-utánpótlásnak ad helyet. (A visszaúton az űrállomáson keletkezett hulladék anyagokkal volt megpakolva.) A küldetés keretében az űrállomáson külső szereléseket is végrehajtottak, összesen három alkalommal végeztek járművön kívüli tevékenységet (űrsétát). A legidősebb, még szolgálatban álló űrsikló április 20-án rendben hazahozta hét főből (köztük három nőből) álló személyzetét a harmincnyolcadik űrrepüléséről.

Az X-37B első titkos küldetése. Az Amerikai Légierő (U.S. Air Force, USAF) X-37B jelű, pilóta nélküli, többször felhasználható űrrepülőgépek első példánya (Orbital Test Vehicle-1, OTV-1) április 22-én emelkedett a magasba a floridai Cape Canaveral 41. startállásáról. Az indításra egy Atlas-5 hordozórakétát használtak. Magának a kutatási programnak a részleteiről nem sokat tudni, hiszen azt katonai titkolózás övezi. A védelmi technológiák kikísérletezésére szánt küldetés várhatóan néhány hónapig tart. A tervezett maximális időtartam 270 nap. A bemutatkozó út során demonstrálni kell a rendszer működőképességét, beleértve az önműködő visszatérést és landolást is. A gép leszállására kijelölt hely a kaliforniai Vandenberg Légitámaszpont (tartalék az Edwards Légitámaszpont). Ha esetleg mégis elvétené az irányt a Csendes-óceán fölé, működésbe lépne egy önmegsemmisítő mechanizmus.



Az Amerikai Légierő X-37B ember nélküli kísérleti űrrepülőgépe a NASA korábbi X-37-es terveinek átalakításával készült. Összehasonlítással, csupán a méretek érzékelésére a nagy ábrán ott van egy ember méretarányos rajza. Jobbra lent az X-37B és az amerikai űrrepülőgépek külső méretei is összehasonlíthatók. Balra az indításra használt Atlas-5 hordozórakéta egységei láthatók. Egyszerűen fogalmazva az X-37B a Shuttle kicsinyített és technológiai értelemben továbbfejlesztett változata. (Grafika: Karl Tate / Space.com)

Az X-37B segítségével a légielő saját maga végezhet űrbeli kísérleteket, amelyeket utána további vizsgálat céljából akár vissza is hozhat a Földre.

Az X-37B hosszú és kanyargós utat járt be, míg végül eljutott eddig a tesztrepülésig. A programot eredetileg a NASA indította, még 1999-ben. Valamelyik Space Shuttle raketerében szerették volna pályára állítani, de a Columbia balesete, majd a program leállítása miatt erre már nem kerülhet sor. Pénzhiány miatt a fejlesztés 2004-ben átkerült a védelmi kutató-sokkal foglalkozó amerikai ügynökséghez (*Defense Advanced Research Project Agency*, DARPA). A légielő 2006-ban vette át a vezető szerepet.

A Föld körüli pályán, valamint a légkörbe való visszatérés és landolás során az X-37B feladata új technológiák, autonóm navigációs és vezérlési módszerek, hővédő megoldások, és sok más kipróbálása lesz. Pályára állva, a raktérajtó kinyitása után az elektromos energiát kibontható napelemtáblák szolgáltatják. A konkrét kísérleti terv azonban nem nyilvános. Annyit lehet tudni, hogy a raktérben például akár néhány kisebb (legfeljebb pár száz kg tömegű) műhold is feljuttatható.

A közel 9 m hosszú, 4,5 m szárnyfeszítávolságú, 5 tonnás űreszközt a Boeing építette, s már megrendelték náluk a második példányt is, amely várhatóan 2011-re elkészülhet és el is indulhat próbaútjára. A pontos részletek, és az OTV-1 esetleges további repüléseinek menetrendje természetesen nagyban függ a mostani küldetés tapasztalataitól.

2010. május

Újra AEKI-hegemonia a Nemzetközi Űrállomáson. Május 1-jén csatlakozott a Nemzetközi Űrállomáshoz a Progressz M-05M (37P) jelű teherűrhajó, fedélzetén újabb magyar dozimetriai eszközökkel. Ezek két nagy nemzetközi összefogással folyó vizsgálatsorozathoz tartoznak. Az egyik, melyet korábban BRADOS néven ismertünk 2001 óta, most új, *DosMap* (dózistérképezés) néven folytatódik. Ezzel a 2003-tól folyamatosan jelen lévő Pille doziméterek mellett rutinszerű használatba kerülnek a szilárdtest nyomdetektorokból és termolumineszcens detektorokból felépített miniatűr, de igen sokoldalú, *Track-Lumi* névre keresztelt újabb egységek is. A fejlesztés a KFKI Atomenergia Kutatóintézetében (AEKI) folyt sok éves űrdozimetriai tapasztalat alapján, az orosz Orvosbiológiai Kutatóintézet (IBMP) felkérésére. Ezzel gyakorlatilag az űrállomásba behatoló kozmikus sugárzás minden komponensét érzékelni lehet és – együtt a Pille detektorokkal – teljes képet adnak a kozmonauták dózisterheléséről.

Az AEKI detektorok folyamatos, félévenkénti cseréje a Szerviz Modul 6 pontján a napokban megkötött IBMP–AEKI együttműködési egyezmény szerint 2015-ig biztosított. Kísérleti jelleggel a detektorokat tartalmazó dobozokban szerepelnek még orosz, japán és cseh detektor-összeállítások is. A DosMap programba való belépésével az AEKI már – legalábbis még ez év májusában – négy különböző dozimetriai vizsgálatban vesz részt.

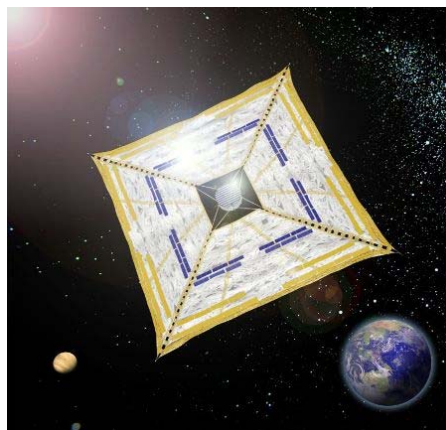
A 2009 óta zajló dózistérképezési program (DOSIS) az európai Columbus modulban májusban véget ér. Ezek a földi laboratóriumokban kiértékelendő detektorok a modul 11 pontján vannak elhelyezve, és a tervek szerint május 26-án indulnak vissza a Földre az Atlantis űrsiklóval. A 2004-ben kezdődött MATROSHKA program a japán Kibo modulban folytatódik a Progressz május elsejei kikötése után. Az Űrállomásra érkező második dozimetriai csomag a MATROSHKA projekt folytatását biztosítja, közel másfél éves késlekedéssel. A késés főleg az állomáson tevékenykedő űrhajósok leterheltségével, valamint szállítási nehézségekkel magyarázható. A fantomban elhelyezendő több száz doziméter betöltése és kiszerezése két kozmonauta több órás lekötését jelenti, amit előre kell tervezni és a földi gyakorlóközpontban erre őket felkészíteni. Az 5 ország (Ausztria, Japán, Lengyelország, Magyarország, USA) 7 kutatócsoportjának detektorai egy kb. 3 kg tömegű csomagban utaznak az űrállomás és a Föld között.

STS-132: felszállt az Atlantis. Az űrsikló május 14-én sikeresen startolt a floridai Kennedy Űrközpont 39A indítóállásról. Az űrrepülőgép 32. útutazására indult el hatagú legénységével együtt. Az út fő célja az orosz gyártmányú *Rasszvet* űrállomásmodul feljuttatása, illetve felszerelése a Zarja modul Földet néző dokkológységére. Ezen kívül egy tartalék Ku-sávú antenna felszerelése, három akkumulátor kicserélése és egyéb munkálatok elvégzése is szerepel a küldetés repülési tervében. Az STS-132 útja az első és minden bizonnyal az utolsó alkalom, amikor amerikai űrrepülőgép orosz gyártmányú űrállomásmodult szállít fel a Nemzetközi Űrállomásra. Három űrséta sikeres elvégzése után az STS-132 személyzete május 26-án tért vissza a Földre.

Japán űrszonda indult a Vénuszhoz. A május 20-án startolt, fél év múlva odaérő *Akacuki* (Akatsuki, jelentése „hajnal”; korábbi nevén PLANET-C vagy *Venus Climate Orbiter*) szondát bolygószozsédunk meteorológiai mesterséges holdjának szánták. A japánok meghatározása szerint az Akatsuki a világ első olyan űrszondája lenne, amely kifejezetten légkör-megfigyelési céllal áll egy másik bolygó körüli pályára. Hat fedélzeti tudományos berendezésével végrehajtandó fő céljai: a kénsavfelhők viselkedésének és eredetének tisztázása, az atmoszféra nagysebességű szeleinek háromdimenziós felmérése, esetleges villámok detektálása a Vénuszon.

Sajnos az Akacuki fékező manővere 2010. december 7-én nem sikerült a Vénusz mellett, így a szonda nem tudott pályára állni a bolygó körül. A hibát az okozta, hogy az ehhez szükséges sebességváltozást az űreszköz fő hajtóműve nem tudta produkálni, idő előtt leállt. Az ok feltehetőleg valamilyen fizikai sérülés (törés), elromlott szelep a hajtómű fűvókájánál, vagy idegen anyag az üzemanyag útjában. 2011 végén úgy tűnik, hogy a Nap körüli pályán maradt Akacuki 2015 novemberében újra meg tudja majd közelíteni a Vénuszt, és talán sikerül is pályára állnia körülötte a kisebb teljesítményű segédhajtóművekkel – még ha nem is olyan közelire, mint eredetileg szerették volna. Az űrprogram legalább részbeni sikeréhez természetesen még sok mindenre van szükség, például arra, hogy a most „pihenő”, de addigra elvben lejárt szavatosságú fedélzeti műszerek még működőképesek maradjanak.

A H-2A rakétán társbélrőként egy napvitorlás és néhány kisebb műhold is útnak indult május 20-án. Az IKAROS napvitorlás neve beszédes, de egyúttal egy szellemes rövidítés is: *Interplanetary Kite-craft Accelerated by Radiation Of the Sun*, vagyis a Nap sugárzása által gyorsított bolygóközi „papírsárkány”. Bár azonos irányba indultak, az IKAROS előtt egészen más út áll. Ez lesz az első éles bolygóközi tesztje a napsugárzás fénynyomását kihasználó meghajtásnak. Három évig tartó utazás során a cél a Nap átellenes oldala. A valóban papírsárkányra emlékeztető alakú űrszonda másik feladata újfajta, a „vitorla” felületére felvitt vékony nap-elemcellák kipróbálása. Ha a kísérlet sikerül, a jövőbeli űrszondáknál hibrid meghajtás is kialakítható lesz: a fénynyomás mellett a termelt elektromos energiát hasznosító ionhajtómű is segítheti a gyorsítást és manőverezést.



Új korszak kezdete a GPS-ben. Május 28-án elindult az amerikai műholdas navigációs rendszer legújabb, immár a 2F jelű sorozatba tartozó műholdja, amely a civil felhasználóknak új navigációs jelet is sugároz majd. Az GPS (*Global Positioning System*) új, a korábbiaknál többet „tudó” műhold-generációjának első tagját egy Delta-4 hordozórakéta állította pályára. (A nagyteljesítményű hordozóeszköz – a korábban használt Delta-2 rakétákkal

ellentétben, amelyek előbb elnyúlt ellipszispályára juttatták a műholdakat – azonnal a végső magasságú körpálya tudja emelni a GPS rendszer holdjait.)

A kb. 20 ezer km magasban keringő, a pontos helymeghatározást segítő rádiójeleket sugárzó GPS műholdak közül eddig összesen mintegy 60-at indítottak már az elmúlt három évtized során. Természetesen közülük már nem működnek a legrégebbiek. Épp az űreszközök korlátozott élettartama miatt van szükség a rendszer folyamatos frissítésére, új és új műholdak pályára állítására. Eközben igyekeznek a technológiai fejlődést is követni, újabb felhasználói igényeket kiszolgálni. Ma már a GPS nem csupán az, aminek eredetileg készült, vagyis egy katonai célú navigációs eszköz. Világszerte elterjedtek polgári alkalmazásai, s napjainkra a közlekedés, a gazdaság, vagy a mindennapi élet más területein a műholdas helymeghatározás megkerülhetetlen szolgáltatássá nőtte ki magát. Sőt nem csak a helymeghatározás! Kevesen tudják, hogy a műholdrendszer nyújtotta pontos időmeghatározáson és időszinkronizáción alapulnak a banki tranzakciókhoz – akár az automatákból történő készpénzfelvételhez, kártyás fizetésekhez – kapcsolódó időbélyegek. Nem túlzás tehát azt állítani, hogy a világgazdaság, a globális bankrendszer működése jelenleg nagyban függ a GPS rendszertől.

Miben nyújt többet a 2F jelű műholdsorozat? A fedélzetén elhelyezett atomórák pontossága javul, a számítógépes rendszere könnyebben átprogramozható, megnő az űreszköz tervezett élettartama is. A nem katonai felhasználók – kiemelten a polgári légi közlekedés – számára különösen fontos, hogy szolgálatserűen megjelenik egy új navigációs jel (L5; a 1176,45 MHz frekvencián). Ennek a haszna azonban nem érezhető azonnal, hiszen a helymeghatározáshoz egyszerre több, a horizont fölött látszó műholdról kell a jeleket venni. Így tehát a 2F műhold-generáció további tagjainak folyamatos felbocsátásától várható majd a javulás.

2010. június

Elindult a Mars500 szimulációs programja. Miközben épp 30 éve, hogy a kazah sztyeppén földet ért az első magyar űrhajós, Farkas Bertalan, Moszkvában június 3-án elstartolt az első, európai közreműködéssel is végzett, hosszú távú Mars-utazást szimuláló 520 napos gyakorlóprogram. A hattagú legénységet két európai, három orosz és egy kínai férfi alkotja, akik beköltöztek be a moszkvai Orvosbiológiai Kutatóintézet (IBMP) területén működtetett Mars500 szimulációs komplexumba. Ez az első olyan, valóban hosszú távú szimulációs kísérlet, amely a tervezett Mars-utazást, vagy a holdi bázisok hosszú távú üzemeltetését készítheti elő. A tervek szerinti rekordhosszúságú, 520 napos izolált összeartság a programot összeállító és levezénylő szakemberek szerint történelmi jelentőségű program lehet, ami a jövőbeli utazások várható problémáinak előzetes vizsgálatával a minimálisra csökkentheti a majdani valódi űrhajósok utazása során felmerülő kockázatokat és kényelmetlenségeket.

A beköltözők alapvetően olyan program szerint fognak élni és dolgozni ebben a teljesen lezárt, 550 m³-es komplexumban, mint az űrhajósok a Nemzetközi Űrállomás fedélzetén. Természetesen a súlytalanság szimulációja itt nem történik meg, de a program során szimulálják a Marsig tartó 250 napos utazást, a legénységből hárman a Mars felszínén végzendő 30 napos kutatásokat, majd a 240 napos hazarepülést. A teljes önellátás mellett feladataik közé tartozik majd a tudományos kísérletek elvégzése, a napi testgyakorlás, elektronikus kapcsolattartás a külső személyzettel, karbantartások végzése, rendszeres beszámolók készítése, fiziológiai, pszichológiai állapotuk és munkavégző képességük monitorozása, valamint rendszeres híradás a kísérlet folyamán az érdeklődő nagyközönség számára. Munkájuk során a szokásos egy héten öt munkanapos és két szabadnapos rendet követik majd, kivéve azokat az eseteket, amikor valamilyen speciális eseményt, vagy veszélyhelyzetet szimulálnak.

A Falcon-9 rakéta sikeres első repülése. Június 4-én Floridából indítva sikeresen mutatkozott be az amerikai *SpaceX* vállalat nagyméretű hordozórakétája. A cég munkájára jelentős figyelem irányul, miután az Obama-program értelmében a Nemzetközi Űrállomásra való amerikai repüléseket a közeljövőben magáncégek által fejlesztett hordozórakéttal és űrhajókkal kívánják megoldani. Az egyik ilyen kiszemelt vállalat a SpaceX, amelynek 2008 óta 1,6 milliárd dolláros szerződése van a NASA-val, maximum 12 teherfuvarra az űrállomáshoz. Ezek az utak a Falcon-9 rakétával felbocsátandó *Dragon* teherűrhajókkal történnek majd. A mostani első tesztrepülés során a Dragon egyszerűsített változata utazott a hordozórakétán. A SpaceX terveiben a Dragon embereket szállító űrhajóvá fejlesztése is szerepel, 2015-ig.



A Falcon-9 első rakétafokozatának kilenc, kerozin hajtóanyagú Merlin hajtóműve a keleti irányban történő felemelkedést követő 75 másodperccel gyorsította a rakétát a hangsebességre. Aerodinamikai szempontból ez a repülés legkritikusabb szakasza. A kilenc hajtóműből kettő a starttól számított 2 perc 35 másodperc elteltével állt le, a maradék hét pedig 19 másodperccel később. Az első fokozat leválása még 2 másodpercet vett igénybe. A Falcon-9 második fokozatát egyetlen Merlin hajtómű alkotja. Az előzetes várakozások szerint további mintegy 6 perc kellett az alacsony Föld körüli pálya eléréséhez.

Apróbb rendellenességektől eltekintve (például a második fokozat üzemelése során lassú orsózásba kezdett) a rakéta rendben pályára állította ez első, tesztbábu-jellegű *Dragon* űrhajót, amely a pályára kerülés után le sem vált a kiürült második rakétafokozatról.

Visszaérkezett a Hayabusa kapszulája. Visszatért a Földre a 2003-ban indult japán kisbolygókutató űrszonda, a Hayabusa mintához tartálya. Maga az űreszköz pár perces késéssel követte, s elégett a sűrű légkörben. A kapszula viszont június 13-án a terveknek megfelelően földet ért Ausztráliában. A szonda az első ember alkotta eszköz, amely visszatért a Földre egy kisbolygóról. A Hayabusa 2005-ben – miután körülötte pályára állva tanulmányozta az Itokawa kisbolygót –, elérte az égtest felszínét is. A visszatérő kapszulába talán talajminta is került, bár erről csak később, a kinyitása után tudtak megbizonyosodni. A Hayabusa útját számos, többször végzetesnek látszó technikai nehézség hátráltatta és késleltette, de a jelek szerint végül egyik sem tudott kifogni a japán szakembereken. A 200 millió dolláros űrprogram végén a szénszálas hővédő pajzs és az ejtőernyő is rendben elvégezte feladatát, bár összesen hét évig, a tervezettnél három évvel tovább utaztak a világűrben.

A vizsgálatokban részt vevő kutatók még a tartályok kinyitásakor sem voltak egészen biztosak abban, hogy amit bent találtak, az valóban kisbolygópópor. A gondos elemzés ezért is tartott hosszú hónapokig. A tudományos eredményeket 2011 augusztusában publikálták. A megvizsgált szemcsék száma meghaladta az 1500-at, s egyikük sem volt nagyobb 0,2 mm-nél. Mindez azonban elég volt néhány fontos és érdekes következtetés levonására.



Bebizonyosodott, hogy az Itokawa valaha egy lényegesen nagyobb égtest része lehetett. Erre utal, hogy olyan ásványi anyagok kerültek elő a porból, amelyeknek a keletkezé-

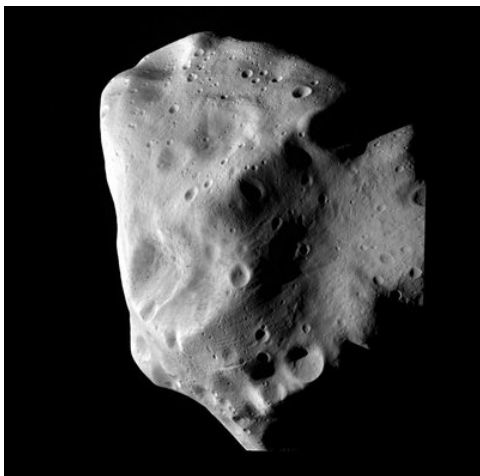
séhez legalább 800°C hőmérséklet szükséges. Ez radioaktív alumíniumizotópok bomlása nyomán létrejöhetett, de csak egy legalább 20 km-es átmérőjű égitesten. Ennél kisebb méret esetén a keletkező hő túl gyorsan kisugárzódott volna. S valóban, a Hayabusa szerkezetére vonatkozó korábbi eredmények azt mutatták, hogy a kisbolygó egy laza, kis átlagsűrűségű törmelékhalom, vagyis története során anyaga nyilván számos ütközésen ment át, mielőtt a darabok újra összeálltak.

A porminták az Itokawa jövőjére is utalnak. Egyes porszemcséken belül található nemesgázok (pl. neon) elemzésével arra jutottak, hogy a szemcsék legfeljebb 8 millió éve lehetnek kitéve a világűrből érkező nagyenergiájú töltött részecskék bombázásának. Ebből következik, hogy az Itokawa vagy ennyi ideje állt csak össze, vagy inkább millió évenként több deciméternyi felszíni réteget veszíti el. Márpedig ha ez igaz, és a folyamat ugyanígy folytatódik, akkor az egész égitest eltűnik egymilliárd év múlva. A napszél csak mintegy 100 nanométeres vastagságú felszíni rétegben fejt ki hatását. Így ennek a vizsgálatnak a szempontjából végül is szerencse, hogy nem sikerült a mélyebb rétegeket felkavarni, hiszen akkor reménytelen lett volna utólag azonosítani, hogy mely porszemek származtak közvetlenül a felszínről.

A folyamatos mikrometeor-becsapódások nyomán „elkopó” kisbolygó(k) anyagának egy része a Földön végzi. A Hayabusa által gyűjtött por és a leggyakoribb típusú meteoritok (kondritok) anyagi összetétele igen hasonló. Ez megerősíti azt a feltételezést, hogy a kondritok az S-típusú kisbolygókról származnak. Ebbe a gyakori típusba tartozik az Itokawa is.

A tanulmányok sikere bizonyítja, hogy tudományos szempontból milyen nagy jelentősége van az anyagminták hazahozatalának. A vizsgálatokhoz használt fejlett laboratóriumi berendezéseket ugyanis nem lehetne a helyszínre szállítani és automata üzemmódban működtetni. A közeljövőben a japán Hayabusa-2 (tervezett start: 2014) és az amerikai OSIRIS-REx (2016) szondák gyűjthetnek kisbolygóanyagot elemzésre.

2010. július



A Rosetta a Lutetia kisbolygó mellett. Az európai Rosetta űrszonda, útban a 2014-es üstökösrandevú felé, július 10-én 3162 km-es távolságban elrepült a Lutetia kisbolygó mellett. A 21-es sorszámú Lutetia a legnagyobb méretű kisbolygó, amit valaha űreszközzel közelről vizsgáltak. Az elmúlt napokban az űrszonda OSIRIS kamerájával már megfigyelés alatt tartották az égitestet, amely a közeledéssel folyamatosan egyre nagyobb lett a látómezőben. Az elrepülés távolsága – bár a természetes és a mesterséges égitest egymáshoz képest 54 ezer km/h sebességgel halad el a találkozáskor – alkalmat adott a kisbolygó por- és plazmakörnyezetének, esetleges mágneses terének, felszíni anyagi összetételének,

tömegének és sűrűségének vizsgálatára, a fényképezésre. A találkozó a Földtől 454 millió km távolságban jött létre. Mivel a kb. 100 km-es méretű Lutetia a Rosetta egyik fő tudományos célpontja – természetesen a végső cél, a Csurjumov–Geraszimenko-üstökös mellett –, ezért lényegében az összes fedélzeti tudományos berendezés üzemelt. A mostani esemény előkészületei már hónapok óta folytak. A Rosetta tudományos programjában mintegy két-tucatnyi európai és amerikai intézmény érdekelt, az űreszköz számos műszere jelentős magyar hozzájárulással készült.

2010. augusztus

Dollármilliárdok földmegfigyelésre. Az amerikai kormány 7,35 milliárd dollár értékben szerződött két, nagyfelbontású távérzékelő műholdakat üzemeltető magáncéggel. A következő évtizedre szóló megrendelés nyomán felgyorsulhat a legújabb földmegfigyelő magánműholdak fejlesztése és pályára állítása. A két kedvezményezett a *GeoEye* (3,8 milliárd dollár) és a *DigitalGlobe* (3,55 milliárd dollár). A szerződéseket egyéves szakaszokra bontották, amelyek kongresszusi jóváhagyást igényelnek majd. A pénz legnagyobb része műholdfelvételek vásárlására szolgál, de mindkét vállalat állami segítséget kap új, még nagyobb teljesítményű űreszközei építéséhez és a kiszolgáló földi infrastruktúra fejlesztéséhez is. A GeoEye és a DigitalGlobe alacsony poláris pályákon keringő, nagyfelbontású űrfelvételek készítésére alkalmas műholdakat üzemeltet. A képeket elsősorban amerikai kormányzati szervezeteknek, de piaci alapon világszerte bárki másnak is árúsítják. Ilyen felvételek jelennek meg például a Google térképszolgáltatásában is. A kereskedelmi forgalomba kerülő képek felbontását az érvényes rendelkezések értelmében 50 cm-esre korlátozzák.

2010. szeptember

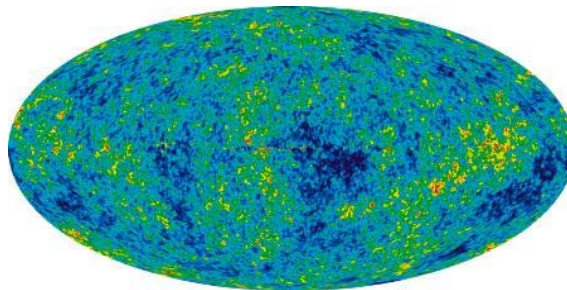
Japán navigációs műhold. A QZSS (*Quasi-Zenith Satellite System*, zenitközei műholdak rendszere) első tagja szeptember 11-én sikeresen állt pályára Japánból, HII-A rakétával. A Micsibiki (Michibiki; jelentése vezetni, utat mutatni) nevű űreszköz a szigetország műholdas helymeghatározást alkalmazó felhasználóit segíti majd. A rendszer a jól ismert amerikai GPS-t egészíti majd ki. Hasonló rádiófrekvencián sugározva a navigációs jeleket, egyrészt a horizont fölött – még hozzá a speciálisan megválasztott pálya miatt nagy magasságban – látszó műholdak számát növeli. Ezzel kivédhető az a helyzet, amikor például magasan beépített városi területen a környező házak kitakarják a GPS műholdakat, így a vevőberendezések nem tudnak elegendő számú holdról navigációs jeleket fogni. Ahogy egyre elterjedtebbé válik a műholdas helymeghatározás – például mobiltelefonokban, autós navigációs berendezésekben –, úgy okoz mind több kényelmetlenséget, ha nem mindig használható a GPS. Másrészt egy kiterjedt földi követőállomás-hálózaton végzett mérések alapján javítja a GPS műholdakon alapuló helymeghatározás pontosságát, valamint gyorsan riasztja a felhasználókat, ha bármi hiba folytán megbízhatatlanná válna a navigáció. (Erre önmagában a GPS rendszer nincs felkészítve.) 2013-ra épül ki három űreszközzel a teljes QZSS. Akkor bármely időpontban legalább egy japán navigációs műhold tartózkodik majd a zenit környékén – természetesen Japán területéről nézve.



WMAP: kilenc év után vége. A világegyetem születését és sorsát, a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás egyenetlenségeit kutató amerikai űrszonda befejezte működését. A NASA nagysikerű WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*) szondája 2001 júniusában startolt. Utolsó mérési adatait 2010. augusztus 20-án küldte a Földre. Röviddel ezután, szeptember 8-án hajtóműveinek bekapcsolásával eltávolították eddig elfoglalt pályájáról. Az amerikai űrhivatal most, a működtetés befejezése után is tovább finanszírozza a már eddig összegyűjtött mérési adatok értelmezésére irányuló tudományos kutatásokat, még két éven át. A WMAP volt az első olyan űreszköz, amelyet a Nap-Föld rendszer L2 jelű Lagrange-pontja

környezetébe küldtek. Itt, a Földtől kb. 1,5 millió km távolságban, a Napéval ellenkező irányban a szonda Nap körüli keringési ideje épp akkora, mint a Földé: 1 év.

A WMAP az ősrobbanás maradványsugárzását kutatta, amely a világegyetem 380 ezer éves korába enged visszapillantani. A táguló és hűlő univerzum ekkor vált átlátszóvá az elektromágneses sugárzás számára. A csillagok és galaxisok csak jóval ezután kezdtek kialakulni. Az űrszonda az eddigieknél nagyobb (0,3°-os) szögfelbontással, szisztematikusan feltérképezte az égboltot öt különböző frekvencián (23, 33, 41, 61 és 94 GHz), hogy a háttérsugárzás apró egyenetlenségeit vizsgálja. A mintázatból következtetni lehet a világegyetemet leíró kozmológiai modell paramétereinek számértékére. A WMAP adatainak segítségével minden korábbinál pontosabban, 1%-os hibahatáron belül sikerült meghatározni például az univerzum korát (13,75 milliárd év). Kiderült, hogy az általunk megszokott anyag mindössze alig több mint 4%-át teszi ki a világegyetemnek, a maradékon egyelőre ismeretlen dolgok, a csak tömegvonzása alapján felismerhető ún. sötét anyag (23%) és a jelenleg megfigyelt gyorsuló tágulásért felelős ún. sötét energia (72%) osztozik.



Bizonyos értelemben az ESA 2009-ben indított, ugyancsak az L2 pont környékén dolgozó Planck-szondája folytatja a megkezdett munkát, a WMAP által átfogottnál tízszer szélesebb frekvenciatartományban. A Planck négy tervezett teljes égboltfelmérése közül egyet már el is végzett. A háttérsugárzás igen finom, mindössze legfeljebb százszázad résznyi egyenetlenségeit az amerikai COBE műholddal (1992) mérték meg először. Ez a felfedezés 2006-ben fizikai Nobel-díjat ért.

2010. október

Elindult a második kínai holdszonda. A *Csang'e-2* (Chang'e-2) október 1-jén startolt Hszi-csangból, Hosszú Menetelés-3C rakétával. Az új űrszondával a második fázisába lépett Kína holdprogramja. Az előző holdszonda, az ugyancsak a holdistennőről elnevezett *Csang'e-1* 2007 októberében indult és 2009-ben a felszínbe csapódva sikeresen befejezte kutatómunkáját a Hold körüli pályán. A következő lépés már a *Csang'e-3* landolása lesz a Holdon (2013-ban). A mostani szonda, amely öt nappal később ért el Földünk kísérőjéig, épp azt kapta egyik legfőbb feladatául, hogy a lehetséges leszállóhelyeket térképezze fel. Az időben még távolabbi negyedik szonda, a *Csang'e-4* már mintát is hozna vissza a Földre.

A 2. számú szonda eredetileg az első *Csang'e-1* tartalékának épült. Most nagyobb teljesítményű hordozórakétával közvetlen pályán, rövidebb idő alatt jutottak el vele a Holdig. Ott a végső magasság, 100 km elérése után végeztek megfigyeléseket, például nagyfelbontású képeket készítettek a felszínről.

Az űreszköz 2011-ben még messzebb „merészkedett”: elérte a Földtől másfél millió kilométerre levő L2 Lagrange-pont környezetét. Ez az olyan egyensúlyi helyek egyike, ahol a Nap–Föld rendszerben egy harmadik tömegpont a két égitesthez képest – a kölcsönös gravitációs vonzóerők hatására – meg tudja tartani pozícióját. Korábban csak az amerikai (NASA) és európai (ESA) űrügynökségek juttattak űreszközöket az L2 pont környezetébe. Most csatlakoztak a „klubhoz” a kínaiak is. A műveletet az tette lehetővé, hogy a *Csang'e-2* a Holdnál elvégzett kutatási feladatait követően is rendelkezett még elegendő mennyiségű hajtóanyaggal. Az űreszköz 2011. június elején távolodott el a Hold körüli pályáról, és augusztus végére ért az L2 pont közelébe. Ott a tervek szerint egy éven át működtetik még,

egyfajta teszttálmósként, gyakorolva a távolabbi világűrbe küldendő majdani kínai űrszondák irányítási módszereit. Két ilyen startra állítólag 2012 végéig sort kerítenek.

Egy vadonatúj Szojuz. Az új orosz űrhajó-generáció első képviselője, a Bajkonurból október 8-án indult Szojuz TMA-01M három főt szállított a Nemzetközi Űrállomásra. A régóta szolgáló orosz Szojuz űrhajóknak ez egy továbbfejlesztett, modernizált digitális számítógépes vezérléssel felszerelt változata, amelyet most próbáltak ki először. A rendszerek egy része már vizsgázott a világűrben, a korábban már repült modernizált Progressz teherűrhajókon. A Földre való visszatéréshez használandó berendezések azonban mutatkoztak be először „élesben”, amikor majd a három űrhajós visszatért az ISS-ről, 2011. március 16-án.

A Szojuz modernizálása új navigációs és vezérlőrendszert, fedélzeti adatfeldolgozó egységet, a repülési elektronika jobb hűtését foglalja magában. Kisebb lett a műszerek teljesítményigénye és az űrhajó össztömege is. Az újítások az űrhajósok számára is jelentősek, megváltozott a számítógépes képernyő és kezelőfelület. Nem csak a fedélzeti számítógépet, de a programot is felújították. Funkcióit azonban úgy alakították ki, hogy emlékeztessenek a régiekre, vagyis az űrhajósok számára biztosítsák a kényelmes átmenetet a régi rendszerről az újra.



Víz és más kincsek a Holdon. Elkészültek a Holdba csapódott amerikai LCROSS szonda adatainak részletes elemzésével. Ha valaha űrhajósok mennének az égitest déli sarkvidékére, ásót is érdemes lesz magukkal vinniük.

A NASA LCROSS (*Lunar Crater Observation and Sensing Satellite*) nevű űreszköze 2009. október 9-én csapódott be a Hold felszínébe. Csupán négy perccel előtte egy üres Centaur rakétafokozat is ugyanezt tette, a déli pólus közelében fekvő, állandó árnyékban levő Cabeus-kráter területén. Az ütközés nyomán felszálló porfelhő színképének elemzésével a kutatók elsősorban azt szerették volna megtudni, hogy mennyi vízmolekula lehet ott a talaj felső rétegébe fagyva.

Amit találtak, az biztatónak tűnik a Hold későbbi kutatói számára – legyenek azok akár emberek, akár automata űreszközök. A vízmolekulák esetében mintegy másfélszer akkora mennyiséget mutattak ki, mint amire előzetesen számítottak. Úgy tűnik, hogy nem csak az árnyékos, de az időnként napsütésnek kitett holdfelszín alatt is előfordul víz. Bár a víz létezésére vonatkozó előzetes eredményeket már tavaly is közöltek, a tudományos igényű adatfeldolgozás finomított a képen. A kicsapódó törmelékfelhőben a vízmolekulák átlagos koncentrációja $5,6\% \pm 2,9\%$ volt. Érdekesség, hogy a víz jelentős része kis, tiszta jégkristályok formájában fordul elő, ami elvileg, valamikor a messzi jövőben, megkönnyítheti helyszíni kitermelését és hasznosítását. (Összehasonlításképpen: egyes foltokban a holdi talaj víztartalma kétszer nagyobb, mint a Földön a Szaharában.)

Ezen kívül más meglepetésekkel is szolgáltak a mérések: a higany és az ezüst színképvonalait fedezték fel a holdi porfelhőben. Emellett nyomokban például fagyott széndioxidra, szén-monoxidra, molekuláris hidrogénre, ammóniára, metánra, kalciumra, magnéziumra is leltek. Az LCROSS mellett a Hold körül keringő amerikai űrszonda, a *Lunar Reconnaissance Orbiter* (LRO) is végzett méréseket a törmelékfelhőről. (A két űreszköz együtt startolt a Földről, 2009 júniusában.)

Régi műhold új pályán. Az ESA nagyméretű (8 tonnás), 2002-ben indult földmegfigyelő mesterséges holdja, az Envisat „közelebb költözött” a Földhöz. Összetett feladatait tíz különböző fedélzeti műszer látja el. Ezek folyamatosan a Föld légköréről, szárazföldjeiről, tengereiről és jégtakarójáról gyűjtenek adatokat, többféle elektromágneses hullámhosszon. Az alacsonyabb pályát úgy tervezték, hogy ezután kevesebbet használjanak el manőverezésre a megmaradt hajtóanyagból, így akár 3 évvel meghosszabbodhat az űreszköz hasznos élettartama. Ennek az az ára, hogy a pályahajlás változásainak fokozatos korrigálását nem végzik tovább. Az eredeti terv 5 éves élettartam volt, a legutóbbi hosszabbítás 2010 végéig szólt. Mivel a berendezések műszaki állapota jó, az ESA tagállamai a 2013-ig történő folytatás finanszírozása mellett döntöttek.

A pályamagasság csökkentése kb. 800 km-ről 783 km-re október 22-én kezdődött. A fedélzeti műszereket október 27-én kezdték visszakapcsolni. November és december folyamán újraellenőrizték a kapott adatok minőségét, hogy utána a lehető leghamarabb zavartalanul folytatódjon a több éve tartó adatgyűjtés. Az Envisat méréseit világszerte tudományos kutatók ezrei használják.

De mi történik vele 2013 után? A majdan irányíthatatlanná váló Envisat problémájára egy januári incidens irányította a figyelmet. Ekkor a Föld körül keringő nagyobb objektumokat folyamatosan követő amerikai űrfelderítő rendszer riasztotta az ESA illetékeseit, hogy egy másfél tonnás, elhasznált kínai rakétafokozat az Envisathoz veszélyesen közel halad majd el. A darmstadti földi irányítók elővigyázatosságból pályamódosító manővert végeztek, amivel az ütközést elkerülték. (Az utólagos elemzés szerint a manőver nélkül az valóban be is következett volna.) Most még megtehetnék, hiszen az Envisat egy működő műhold, de nyugdíjazása után már nem lesz ilyesmire lehetőség.

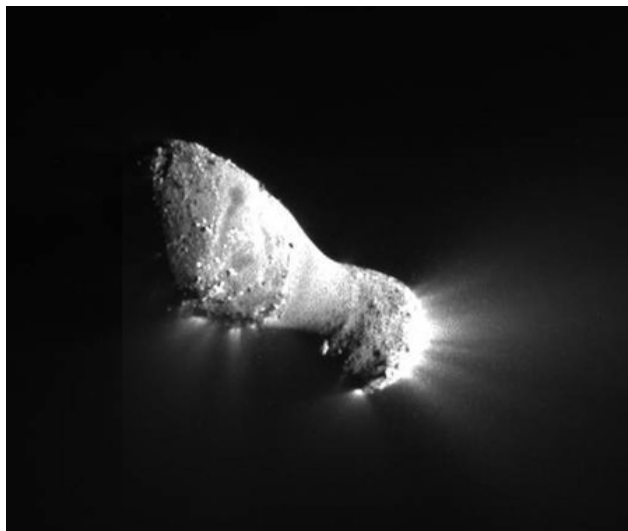
Ha valóban bekövetkezett volna az ütközés, akkor hatására tízszer több törmelék keletkezett volna, mint az emlékezetes 2009-es esemény során, amikor egy használaton kívüli orosz műhold és egy működő amerikai Iridium hold ütközött össze. Mindez pedig ismét a leginkább használt alacsony Föld körüli pályák környezetében történt volna. Az Envisat a számítások szerint még 150 évig tartózkodik majd a Föld körül, mire belép a légkörbe. Az űreszköz tömege önmagában is elegendő ahhoz, hogy a veszélylista élmezőnyébe kerüljön. A tömegén túl a műhold kiterjedése (26 m × 10 m × 5 m) és a számos tudományos berendezése által használt „kilógó” antennák is előnytelenek, hiszen akár egy kisebb űrszemétdarabbal való találkozás esetén is megkezdődhet a széttöredezése. Az elemzések szerint 150 év alatt jelentős, 15–30%-os esélye lehet annak, hogy az Envisat összeütközik valamivel.

Praktikus gyártási és pénzügyi okokból az Envisat a nála jóval kisebb (feleakkora) francia Spot-4 távérzékelő műholdon is alkalmazott hajtóanyagtartállyal épült. Így a pálya módosítása, a magasság jelentős csökkentése a hasznos élettartam végén nem lehetséges. (Ebben az esetben a műholdat már néhány hónappal a felbocsátása után a légkörbe kellett volna irányítani, azóta azonban már nincs ehhez elegendő hajtóanyag a fedélzeten.) Az Envisat tervezése idején még nem voltak érvényben olyan szigorú szabályok a használatból kivont műholdak „eltüntetésére”, mint manapság.

2010. november

Újabb sikeres üstökösrandevú. A NASA *Deep Impact* űrszondája az EPOXI program keretében 700 km-re repült el a Hartley-2 üstökös magja mellett. A szondának ez a második üstököse, az elsőbe, a Tempel-1-be 2005-ben egy becsapódó egységet is eljuttatott. A mostani megközelítés ennél kevésbé drámai volt, az űrszonda ezúttal a passzív szemlélő feladatát látta el. Az aktív, pályájának napközeli pontját nemrég elhagyó Hartley-2 üstökös legnagyobb megközelítése november 4-én történt.

A megközelítésről az első képek fél órával a randevú után kezdtek érkezni a földi irányítókhoz. Ez volt az ötödik alkalom, hogy űreszközökkel közlelő vizsgáltak üstökös-magokat. Mind közül a Hartley-2 volt eddig a legkisebb méretű, s egyben a legaktívabb is. A felvételen a Hartley-2 üstökös két-tős szerkezetű, kb. másfél-két km hosszú magja látszik közlelő. Jól kivehetők az üstökös-mag felszínének aktív részleiről kilövellő anyagsugarak. (Kép: NASA / JPL-Caltech / UMD)



2010. december

Az első Dragon. Kétszázegy percig tartott az első amerikai magánűrhajó útja a starttól a Csendes-óceánba érkezésig. A SpaceX vállalat Falcon-9 rakétája december 8-án indult a floridai Cape Canaveralról, és két Föld körüli keringés megtétele után ejtőernyős fékezéssel érkezett vissza. A Dragon űrhajó első teszt példánya a NASA COTS (*Commercial Orbital Transportation Services*) programja keretében repült. Az amerikai űrhivatal célja, hogy magánvállalatok által fejlesztett új amerikai űrhajókkal lássa el a közlelőjében a Nemzetközi Űrállomást. E vállalatok egyike a SpaceX, amely a Dragon űrhajóval és a Falcon-9 hordozórakétával vesz részt a programban.



A Dragon-1 a felszín felett kb. 300 km magasan kerülte meg a Földet, miközben manővereket végeztek vele, kipróbálták fedélzeti kommunikációs rendszerét. Az űrhajón természetesen ember nem repült. Az első emberes próbáig még számos személyzet nélküli úton kell teljesítenie a Dragonnak. Az űreszköz a Csendes-óceánban, a közép-amerikai partoktól kb. 800 km-re tért vissza. Az űrtörténelmi jelentőségű próbaút során mutatott teljesítménye tökéletes volt.

Feltámad a „zombiműhold”. A 2010 áprilisa óta irányítatlanul sodródó, de az útba ejtett környékbeli geostacionárius műholdakat leállíthatatlan adásával zavaró Galaxy-15 fölött december végére visszaszereztek az ellenőrzést a földi irányítók. Az Intelsat 2005 októberében felbocsátott, közel 1,9 tonna tömegű geostacionárius távközlési műholdjának újraélesztése a legjobb úton halad.

Minden bizonnyal egy elektrosztatikus feltöltődést követő kisülés okozta a fedélzeti számítógép hibáját. Nem csak a kijelölt pálya tartására szolgáló manővereket nem tudták végrehajtani, de a műhold adatsugárzását sem voltak képesek leállítani. (Vagyis a Galaxy-15 automatikusan vehette és felerősítve újrásugározhatta a más hasonló, közeli irányban levő távközlési műholdakra a Föld felől továbbítani szándékozott jeleket.) Az űreszköz sodródni kezdett az Egyenlítő fölött 36 ezer km magasságban húzó géostacionárius pálya övezetében, sorban útjába ejtve mind az Intelsat, mind más konkurens üzemeltetők

műholdjainak környezetét. Bár a fizikai összeütközésektől nem kellett tartani, a többi hold adásának zavarása ellen különféle óvintézkedéseket voltak kénytelenek tenni.

A hosszan tartó „dráma” végét az jelentette, hogy a Galaxy-15 napelemei fokozatosan elfordultak a Nap irányától, a fedélzeti akkumulátor ezért végre lemerült. Az irányítók csak ezt várták, mert ilyen esetre az űreszköz úgy van programozva, hogy biztonsági üzemmódba helyezze magát. Ez után a kényszerű újraindítás után ismét sikerült parancsokat küldeni a műholdra, amelyeket az végre is hajtott. Így vége szakadt a Galaxy-15 ámokfutásának, ezen túl nem zavarhatja más műsorszóró műholdak adásait.

2011. január

Románia az ESA 19. tagállama. Térségünkben Csehország után egy másik állam is megelőzött bennünket az Európai Űrügynökséghez (ESA) való csatlakozásban. A Román Köztársaság január 20-án egy újabb jelentős, az utolsó előtti lépést tette a teljes jogú ESA-tagsága felé. A csatlakozási dokumentumokat a bukaresti külügyminisztériumban látta el kézjeggyel Jean-Jacques Dordain, az ESA főigazgatója és Marius-Ioan Piso, a Román Űrügynökség (ROSA) elnök-vezérigazgatója. A még hátralevő utolsó lépés a parlamenti ratifikációs eljárás lefolytatása volt Bukarestben, ami az év végéig megtörtént.

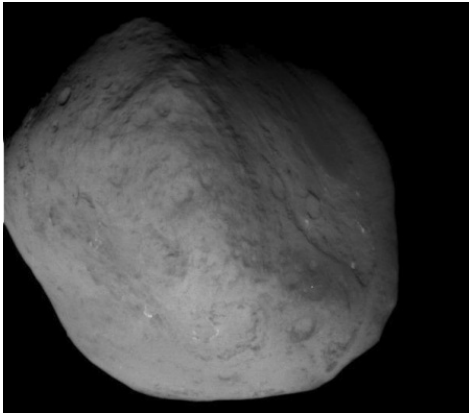
Románia űrtevékenysége közel 40 éves múltra tekint vissza. Eddig 30-nál több tudományos és technológiai űrkísérletben vettek részt. Az 1970-es és 80-as években az ország is aktív résztvevője volt az Interkozmosz programnak. 1992-ben Románia a volt szocialista államok közül az elsők között írt alá együttműködési megállapodást az Európai Űrügynökséggel a világűr békés célú kutatásáról. 2006-ban váltak az ESA társult tagjává. Románia az ESA űreszközei közül többek között a Cluster, a Herschel, a Planck, a SOHO és a Gaia programjában vállalt részt. Eredményeket értek el a földmegfigyelésben és a súlytalanságban végzett kísérletek terén is.

Úton a második japán teherűrhajó. A Nemzetközi Űrállomásra (ISS) szánt ellátmánnyal január 22-én startolt a Kounotori-2. A száraznak tűnő HTV (*H-2 Transfer Vehicle*) jelölés helyett az űrhajósorozat elnevezésére a második repülés előtt nyilvános pályázatot írtak ki, amin a Kounotori (magyar helyesírás szerinti fonetikus átírással Kónotori, jelentése fehér golya) javaslat nyert. Az ISS felé tartó, ott január 28-án dokkoló űreszköz hivatalos neve tehát Kounotori-2 lett, amelyben a kettes szám arra utal, hogy a japán teherűrhajók sorozatában ez a második. (A HTV-1 még 2009 szeptemberében repült.)

A HTV teherűrhajók maximum 6 tonna tömegű ellátmányt (élelmiszert, vizet, felszerelést, kísérleti eszközöket) tudnak alacsony Föld körüli pályára, az ISS magasságába (a felszín fölött kb. 400 km-re) szállítani. Feladatuk elvégzése után leválnak az űrállomásról és a beléjük pakolt hulladékkal együtt elégnak a Föld sűrű légkörében. A HTV-k kapcsolódásához az ISS robotkarjának segítségét veszik igénybe. Az űrállomás közelébe manőverező HTV-t megragadják, és így helyezik el a kijelölt dokkolónyílásnál. A HTV különlegessége más (oroszl, európai) teherűrhajókkal összehasonlítva, hogy rakterének egy részét (*Pressurized Logistics Carrier, PLC*) úgy alakították ki, hogy nyomás alatt legyen. Így 2011, a Shuttle-korszak befejezése után csak a japán teherűrhajókkal lesznek képesek ilyen jellegű teherszállításokat végrehajtani az ISS-re.

2011. február

Második pillantás a Tempel-1-re. A NASA *Stardust-NEXT* szondája február 15-én kb. 200 km távolságban repült el az üstökös magja mellett, amit 2005-ben a *Deep Impact* nem csak megfigyelt, de meg is „lőtt”.



Mivel az azóta már egy újabb Nap körüli keringési periódusán túl levő, a Nap közelébe visszaérkezett 9P/Tempel-1 nevű üstökös magjának forgása nem pontosan ismert, a megközelítés előtt bizonytalan volt, hogy Deep Impact becsapódó egysége által több mint öt évvel ezelőtt ütött kráter egyáltalán látható lesz-e most. Mindenesetre most fordult elő először az űrkutatás történetében, hogy egy periodikus üstököst két egymást követő napközelsége környékén űrszondával közelebbről megfigyeljenek. A kutatók remélték, hogy újabb részleteket tudnak feltérképezni a kb. 6 km átmérőjű üstökös magon, és változó-

sokat is felfedezhetnek majd – akár a 2005. júliusi mesterséges krátert, akár természetes folyamatok nyomait.

A Stardust még 1999 februárjában indult. Elsődleges feladata volt, hogy a 81P/Wild-2 üstökös közelében (a kómájában, a magtól mintegy 500 km-re) elrepülve anyagmintát gyűjtjön. Ez sikerült is (2004-ben), s a kapszula végül visszajutott a Földre (2006-ban). A mostani második, Stardust-NExT (*New Exploration of Tempel 1*) küldetés után már igazán nincs tovább: a manőverező hajtóművek üzemanyaga hamarosan teljesen kifogy.

A NASA szakemberei a képeken megtalálták a 2005-ben a Deep Impact által az üstökös magon ütött sebet. Az első eredmények azt mutatták, hogy a mesterséges eredetű, sekély kráter átmérője kb. 150 m. Sikerült azonosítani a kidobódó, majd az üstökös magra visszahulló anyag nyomait is. További változás a felszínen, hogy az elmúlt 5-6 év során az erózió becsült mértéke 20–30 méter. A Tempel-1 magjának anyaga a becsapódás helyén meglehetősen laza volt.

Elindult a második európai teherűrhajó. Az ATV-2 (Johannes Kepler) nagy adag ellátmányt és üzemanyagot vitt a Nemzetközi Űrállomáshoz. A startra Ariane-5 rakétával Francia Guyanából, a Kourou űrközpontból került sor, február 16-án. Az ember nélküli, emeletes busznyai méretű űrjármű rakománya 2,7 t műszer, alkatrész, élelem és egyéb ellátmány. Emellett 100 kg oxigén, valamint az ISS Zvezda moduljába szánt 850 kg rakéta-hajtóanyag is található a fedélzeten. Maga az ATV-2 bő 6,5 t saját üzemanyaggal is rendelkezett, amit egyrészt az űrállomás megközelítése során, de főleg később, a csatlakozás után, az ISS pályájának megemelésére használtak fel. A 2008-ban az űrállomáshoz eljuttatott első ATV (Jules Verne) teherűrhajóval ellentétben – amely akkor az ISS-hez tartó útján több demonstrációs manővert is végrehajtott – a Johannes Kepler a „legrövidebb úton” jutott el céljához. Nyolc napon át keringett a Föld körül, miközben fokozatosan egyre közelebb került az ISS-hez.

A teherűrhajó június végéig állomásozott az ISS-nél. Utána az atmoszférába irányították. A meg nem semmisült darabjai egy lakatlan vidéken, a Csendes-óceán fölött zuhantak le.

Nincs többé WISE. A NASA február 17-én megszakította infravörös égtérképező műholdjának programját, miután a további hosszabbításra már nem jutott pénz. A négyféle infravörös hullámsávban működő WISE (*Wide-field Infrared Survey Explorer*) több mint egy évet töltött az égbolt feltérképezésével. Élettartamát eleve korlátozta, hogy az érzékeny megfigyelések érdekében detektorait igen alacsony hőmérsékletre kellett hűteni. A hűtőközeg mennyisége azonban korlátozott volt, s 2010 szeptemberében ki is fogyott. Utána még egy ideig folytatni tudták a munkát a rövidebb (3,4 és 4,6 μm -es) hullámhosszakon, amíg a NASA erre a célra megítélt pénze el nem fogyott.

A WISE most hibernált állapotba került. Az űrtávcső műszaki állapota jó, elvileg alkalmas lehet arra, hogy a későbbiekben valamikor újra „felélesszék” és további méréseket végezzenek vele, legalábbis a két, hűtés nélkül is használható sávban. Az űreszköz 2009. december 14-én startolt, eredetileg 10 hónapos küldetésre. A Naprendszer halvány kisbolygói és üstökösei mellett a 320 millió dolláros műhold a Tejútrendszer barna törpecsillagait, a csillagközi port és gázt, valamint az infravörösben sugárzó távoli galaxisokat is megfigyelt. Végül másfélszer sikerült végigpásztázni a teljes égboltot, közel 2 millió egyedi felvételt készítve. A találatok között 19 eddig ismeretlen üstökös, 33 500-nál is több új kisbolygó (köztük 120 a Földhöz közeli pályán keringő) szerepelt.

STS-133: a Discovery utolsó űrutazása. Az STS-133 tavaly november eleje óta húzódó startjára február 24-én került sor. A legidősebb, még szolgálatban álló űrsikló 39., utolsó alkalommal indult az alacsony Föld körüli pályára. Fedélzetén hattagú legénység tartózkodott. A küldetés fő célja a *Leonardo* állandó logisztikai modul feljuttatása volt a Nemzetközi Űrállomáshoz. Az űrutazás során az ISS-nél két űrsétát is végrehajtottak. Külön kiemelésre érdemes rakomány volt a Robonaut-2 emberszerű robot, amilyen most először kerül az űrállomásra. A Discovery március 9-én szállt le floridai Kennedy Űrközpont kifutópályáján.

A GLONASSZ műholdak új generációja. Február 26-án Pleszeckből, Szozuz rakétával állították pályára az orosz navigációs műholdrendszer új, K jelű sorozatának első képviselőjét. Most először fordult elő, hogy nem a kazahsztáni Bajkonurból indult egy GLONASSZ műhold, s nem is Proton rakétával, hanem Szozuzzal. Természetesen nem csak a pályára állítás körülményei jelentik az újdonságot a GLONASSZ-K sorozattal kapcsolatban. A legújabb műhold-generáció tagjainak az eddigiéknél kisebb lesz a tömege (1450 kg helyett 750 kg). Újfajta jeleket is sugároznak majd, várható élettartamuk pedig 10 évre nő. A jelentős tömegcsökkentést az tette lehetővé, hogy ez az első olyan GLONASSZ műhold, amelynek minden alkatrésze vákuumban is képes üzemelni, vagyis nem szükséges egyes részeit nyomás alatt tartani. Az eddigi 2 helyett 5 navigációs jelet sugároz majd a felhasználóinak.

A jelek szerkezetében végrehajtott változás jelentős lépés a világ globális helymeghatározó rendszereit együttesen használni kívánó alkalmazások (illetve a vevőberendezések gyártói) számára. A GLONASSZ ugyanis eddig úgy működött, hogy a különböző műholdjai kicsit eltérő frekvenciákon sugározták ugyanazokat a moduláló kódokat. Az amerikai GPS, és a készülő európai Galileo is, más módon segít azonosítani, hogy melyik műholdjáról származik a jel: a vivőfrekvencia megegyezik, a kódolás eltérő. Most, a K műholdsorozattól kezdve a GLONASSZ eddigi két sávjában megjelenik a többi navigációs műholdrendszeréhez hasonló kódosztásos elven előállított jel is (1176,45 MHz és 1575,42 MHz frekvenciánál), miközben természetesen a régi fajta is megmarad, a folytonosság érdekében. Emellett a régi típusú, frekvenciaosztásos sugárzást egy új, L3 jelű sávra (1197,648–1212,255 MHz) is kiterjesztik.

Az előző, M sorozat darabjait 7 évre tervezték. 2010 decemberében ezek közül járt szerencsétlenül egyszerre három is, amikor a Proton rakéta végfokozatának hibájából nem tudtak a pályára álláshoz elegendő nagyságú sebességre szert tenni, s a Csendes-óceánban végezték. Így egy kicsit késik a még a szovjet időkben elkezdett, az utóbbi években új erőre kapott orosz navigációs műholdrendszer teljes, globálisan elérhető, egyszerre 24 működő űreszközt feltételező kiépítése, de 2011 végére ez is megtörténik. A jövőben az új, kisebb tömegű GLONASSZ-K holdakat akár kettesével Pleszeckből (Szozuz-2-1a rakétákkal, Fregat végfokozattal), akár hatosával Bajkonurból (Proton-K rakétákkal, Briz-M végfokozattal) is pályára állíthatják.

2011. március

A Glory műhold is elveszett. Kaliforniából március 4-én elindult a NASA új klímakutató mesterséges holdja, de úgy járt, mint 2009-ben ugyanilyen Taurus-XL rakétával egy másik, az OCO (*Orbiting Carbon Observatory*): a rakéta orrkúpja nem vált le, a műhold nem tudta elérni a pályára álláshoz szükséges sebességet. Az 528 kg tömegű Glory műholdat 705 km magas poláris pályára szánták, ahonnan a légkörben lebegő apró részecskéket (aeroszolatokat) vizsgálta, a Nap sugárzási energiájának és a földi klímának az összefüggését tanulmányozta volna. A kutatók meghiúsuló reményei szerint a mérések nyomán többet tudhattunk volna meg a klímát alakító természetes és ember által előidézett hatásokról. A Glory-t az *A-Train* nevű műholdkötélkéhez szeretnék volna felbocsátani, amelynek tagjai azonos alakú pályán, rövid időközökkel követik egymást, ugyanazon felszíni területek fölött elhaladva. (Az *A-Train* tagjai például az Aqua, a CALIPSO és a CloudSat.)

MESSENGER: Merkúr, végállomás.

Mintegy 7,9 milliárd kilométernyi megtett út után, március 18-án pályára állt a Merkúr körül a NASA MESSENGER (*MERCURY Surface, Space ENVIRONMENT, GEOchemistry, and RANGING*) szondája, amely bő hat és fél évvel ezelőtt, 2004 augusztusában indult hosszú útjára. Bonyolult, a Föld (1-szer), a Vénusz (2-szer) és a Merkúr (3-szor) mellett is elvezető, hintamanőverekkel nehezített repülése mostani szakaszára sikerült elérnie, hogy elegendően kicsi legyen a sebessége a bolygóéhoz képest. Így a fedélzeti hajtóművek közel negyed órán át tartó működtetésével le tudott lassítani annyira, hogy most már a Merkúr körüli pályán maradhasson.



át tartó működtetésével le tudott lassítani annyira, hogy most már a Merkúr körüli pályán maradhasson.

Bár a MESSENGER „vándorlása” során már háromszor elrepült a legbelső bolygó mellett, és rengeteg értékes megfigyelést végzett, az igazi tudományos program csak most kezdődik. Ezek lesznek az űrtörténelemben az első olyan mérések, amelyeket a Merkúr körüli pályáról hajt végre egy űreszköz. A hét különböző fedélzeti műszer az elkövetkező egy év során a felszínt térképezi, a bolygó összetételét és vékony légkörét vizsgálja majd. (A sikeres programot később, novemberben még egy évvel meghosszabbították.) Többek között arra keresik a választ, hogy létezik-e vízjég az állandóan árnyékos sarkvidéki kráterbelsőben. Miért nagyobb a Merkúr átlagsűrűsége, mint a Naprendszer többi kőzetbolygójáé? Milyen események történtek a bolygó geológiai fejlődése során? Milyen lehet a Merkúr magja, mágneses tere? Végül soron magának a Naprendszernek a keletkezéséről is többet tudhatunk majd, ha véget ér a MESSENGER küldetése.

2011. április

Vége egy sikeres start Indiából. Április 20-án a kisebb PSLV (*Polar Satellite Launch Vehicle*) rakéta indult, és nem a tavaly kétszer is szerencsétlenül járt GSLV. Ez volt az alacsony poláris pályára szánt műholdak feljuttatására használt rakéta 17. sikeres indítása egymás után. Az irányító központban dolgozó szakemberek mégis a szokásosnál is nagyobb ovációval fogadták a jó hírt. Tavaly az indiai űrkutatás igen rossz évet zárt, hiszen a geosta-

cionárius műholdak indítására alkalmas GSLV rakéta – különböző okokból – két alkalommal is sikertelen volt.

A PSLV rakéta „hátán” most három üreszköz jutott 820 km magas, poláris napszinkron pályára. A fő teher a Resourcesat-2, amely egy 2003 óta működő társának lecserélésére szolgál. A távérzékelő műholdat többek közt a természeti katasztrófák következményeinek elhárításához, a mezőgazdasági termelés, a felszínborítottság, a talajminőség, a vízkészletek monitorozásához, a városi és vidéki infrastruktúra fejlesztéséhez hasznosítják majd. A felvételek nemzetbiztonsági célú alkalmazása is lehetséges. A három, a látható és az infravörös fény tartományában érzékeny kamera a legjobb esetben 5,8 m-es felszíni felbontású képek készítésére alkalmas. Ezek a már „nyugdíjérett” Resourcesat-1 berendezésének továbbfejlesztett változatai. A másik két kisebb (90–100 kg tömegű) műhold közül a YouthSat egy közös indiai-orosz egyetemi projekt keretében készült, a felsőlégkört és a Napból érkező részecskesugárzást vizsgálja. Az X-SAT pedig az első szingapúri műhold, amely több sávban érzékeny kamerát visz magával, amivel az űrtávérzékelés és a képfeldolgozási eljárások terén végeznek kutatásokat.

2011. május

STS-134: Endeavour, utoljára. Legutolsó alkalommal emelkedett fel a floridai Kennedy Űrközpont 39A indítóállásáról az Endeavour űrrepülőgép. A Space Shuttle program utolsó előtti küldetése a kétmilliárd dolláros Alfa Mágneses Spektrométert (egy részecskefizikai kutatóeszközt), valamint egy tartalék alkatrészeket hordozó külső tárolóplatformot szállított a Nemzetközi Űrállomásra. A flotta legfiatalabb, a Challenger pótlására épült tagja, az Endeavour űrsikló 1992. május 7-én indult először, most pedig huszonötödik alkalommal. Az STS-134 hatfős legénysége június 1-jén tért vissza a Földre.

Eközben visszatért az ISS-ről az orosz Szojuz TMA-20 űrhajó is. Méghozzá nem is akárhogyan: előtte eddig még soha nem alkalmazott nézőpontból készített fényképeket a Nemzetközi Űrállomás és egy amerikai űrrepülőgép – jelen esetben az Endeavour – összekapcsolt állapotáról. A május 23-án Paolo Nespoli olasz űrhajós által készített felvételek űrtörténelmi jelentőségűek, hiszen az űrrepülőgép-flottát hamarosan kivonják a forgalomból.



Spirit: hivatalosan is vége. A NASA szakemberei május 25-én próbálkoztak utoljára olyan rádióüzeneteket küldeni a Mars felszínén levő Spirit felé, amire választ vártak az automata űreszköztől. Ezentúl a még mindig jól működő Opportunity rover programjára összpontosítanak. A már korábban „csapdába esett” marsjáró utoljára 2010. március végén kommunikált az irányítókkal. Az elmúlt 10 hónap során, a marsi tél elmúltával abban reménykedtek, hogy a napsütés hatására a napelemek még termelnek annyi elektromos energiát, ami elegendő lehet a műszerek újraindulásához. A téli hideg miatt, fűtés híján azonban több mint valószínű, hogy az űreszköz fedélzeti berendezései, elektronikus alkatrészei tönkrementek. Korábban, a Spirit Marson működéssel töltött hat éve alatt sosem kellett kibírnia ilyen alacsony hőmérsékletet (a becslések szerint -55°C -ot, vagy akár még hidegebbet). A Spirit 2004. január 3-án landolt a vörös bolygón, eredetileg 3 hónapra tervezett működésre.

2011. június

Aquarius. A nemzetközi összefogással készült argentin SAC-D (*Satélite de Aplicaciones Científicas*) földmegfigyelő műhold június 10-én indult Delta-2 rakétával, a kaliforniai Vandenberg Légitámaszpontból. Fő tudományos műszere, az Aquarius a NASA első olyan eszköze lesz, amellyel a világűrből a földi óceánok felszíni vizeiben oldott a só koncentrációját tudják meghatározni. (Hasonló méréseket végez az ESA SMOS műholdja is.) Ez egy kulcsfontosságú változó, amely az óceáni áramlatoknak, a víz körforgásának, a klímaváltozásnak a megértéséhez, modellezéséhez fontos. Az amerikai építésű Aquarius mellett még hét fedélzeti műszer kapott helyet a műholdon, hogy egyebek mellett a levegő minőségét, a földfelszín tanulmányozzák velük, vagy a természeti katasztrófák és járványok megelőzéséhez használják fel méréseiket.

A mikrohullámú sugázmérés elvén működő, a 657 km magasan keringő műholdon elhelyezett Aquarius hetente feltérképezi majd a teljes világóceánt. Tervezett működési élettartama legalább 3 év. Havi átlagolású sókoncentráció-térképeinek felbontása 150 km lesz. A rendszeresen ismétlődő időszakokban elkészített globális térképek segítségével a sótartalomnak mind a térbeli, mind az időbeli változását követni tudják a kutatók.

A második műhold Iránból. Irán június 15-én elindította második saját készítésű műholdját, amely iráni rakétával állt Föld körüli pályára. A Safir-2 rakétával startolt űreszköz neve Rasad-1 (magyarul: megfigyelés). A 260 km magas pályán keringő űreszköz célja állítólag békés, a földfelszín megfigyelése. Mivel a majdani űrfelvételek felbontása az értesülések szerint kb. 150 m-es lesz, a műhold programjában komoly katonai célú távérzékelési alkalmazások nem nagyon szerepelhetnek. Ugyanakkor a működőképes hordozórakéta elvben fegyverek célba juttatására is képes lehet, ami nyugaton aggodalomra ad okot.

Az első saját indítású és készítésű iráni műhold, az Omid két évvel ezelőtt, 2009 februárjában állt pályára. A második, a Rasad-1 mindössze 15,3 kg tömegű. Az iráni űrprogrammal kapcsolatban nem túl sok és megbízható hír érkezik. Idén márciusban állítólag egy olyan kapszulával kísérleteztek, amely akár egy majom űrbe juttatására is alkalmas. Annak a rakétának a tetején valószínűleg nem volt élőlény, de korábban, 2010 februárjában egyebek mellett egy patkány és két teknős már végzett „űrgrást” egy Kavoshgar-3 rakéta segítségével. Az iráni tervekben 2020-ig nem kevesebb, mint egy ember Föld körüli pályára juttatása szerepel, 2025-ig pedig egy űrhajós küldése a Holdra. Addig azonban még sok fejlődési lépcsőfok volna hátra...

2011. július

Nyugdíjazták az ERS-2-t. Az ESA 1995-ben indított nagy sikerű földmegfigyelő műholdja befejezte működését. Most alacsonyabb pályára állították, hogy ne legyen útban és hamarabb megsemmisüljön a légkörben. Az ERS-2 (*European Remote Sensing satellite-2*) eredetileg 800 km magas pályáját egy július 6-án kezdődött, több hétig tartó manőversorozattal 550 km-esre csökkentették. Erre azért van szükség, hogy ne váljon belőle veszélyes űrszemét a már amúgy is zsúfolt régióban, ahonnan az elmúlt 16 évben a megfigyeléseit végezte. A mostani manőverekkel el szeretnék kerülni, hogy a négy évvel előtte indult ikertestvére, a 2000-ben váratlanul tönkrement ERS-1 sorsára jusson, és irányíthatatlanná váljon. 85 ezer Föld körüli keringéssel a háta mögött az ERS-2 már valóban kiöregedett, jócskán túlélve eredetileg tervezett élettartamát. Az új pályamagasságról kb. 25 év alatt jut le a sűrűbb légkörbe, ahol megsemmisül majd.

Az ERS-1 és -2 a maga idejében a legfejlettebb földmegfigyelő műholdak közé tartozott, és az Európai Űrügynökséget vezető pozícióba helyezte ezen a kutatási területen. A gyűjtött adatok jelentősen hozzájárultak a légkörről, a szárazföldekről, az óceánokról és a sarkvidéki jégtakaróról szerzett ismereteinkhez. Ugyanakkor a műholdakon kipróbált új technológiai megoldásokat azóta más űreszközökön is sikerrel alkalmazzák. A műholdpáros felszereltsége lényegében azonos volt, az ERS-2-n repült még egy plusz berendezés a légköri ózonkoncentráció mérésére. A két műhold így együttesen 20 éves folyamatos adatsort produkált.

STS-135: úton az Atlantis az utolsó űrrepülőgépes küldetésre. 2011. július 8-án a floridai óceánpart utoljára volt tanúja az emberiség első többször felhasználható űrhajója felemelkedésének. Az STS-135 küldetés fő feladata a Nemzetközi Űrállomás ellátása utánpótlással, a Raffaello többcélú szállítómodul (*Multi-Purpose Logistics Module*, MPLM) becséjében. A négy gyakorlott űrhajósból álló személyzet a legkisebb 1983, azt STS-6 repülése óta. Az ok, hogy egy esetleges meghibásodás esetén már nem tudnának mentesítő űrrepülőgépet küldeni az űrállomáson rekedt utasokért, így orosz Szozuz űrhajókkal kellene szép lassanként visszatérniük a Földre.

Sikerrel teljesített feladata végeztével az Atlantis július 21-én tért vissza a Földre.

A forgalomból kivont űrrepülőgépeket az Egyesült Államok különböző városaiban, múzeumokban helyezik el.





RadioAstron. Három évtizeden át tartó előkészületek után sikeresen elindult az orosz rádiócsillagászati műhold, amelynek 10 m-es rádiótávcsöve hatalmas földi rádióteleszkópokkal együtt nagy felbontású interferometrikus méréseket végez majd. A RadioAstron (más nevén Szpektr-R) július 18-án startolt Bajkonurból, Zenyit-3F hordozórakétával.

A műholdpálya földtávolsági pontja közel 340 ezer km. Az elnyúlt ellipszis nagytengelyének iránya a Hold tömegvonzásának hatására a program 5 évre tervezett

élettartama alatt lényegesen elfordul majd. Húsz éve ez a legnagyobb űrteleszkóp, amely orosz vezetéssel épült.

A start után nem sokkal a műhold napelemtáblái rendszerben kinyíltak. A 10 m átmérőjű, 27 szegmensből álló antenna kibontására később került sor. Ez a kényes, 2 órán át tartó művelet alapvető fontosságú volt a program majdani sikere szempontjából. A műhold földi rádiótávcsövekkel egy hálózatot alkotva, nagy felbontással vizsgálja majd a kompakt rádió sugárzó égitesteket, elsősorban távoli, aktív galaxismagokat, illetve a saját galaxisunkban található pulzárokat (gyorsan forgó, periodikus rádiójeleket adó neutroncsillagokat). Ez az űr-VLBI technika. A legnagyobb megfigyelési frekvencián (22 GHz) akár 7 milliomod ívmásodperc is lehet az interferométer-rendszer szögfelbontása.

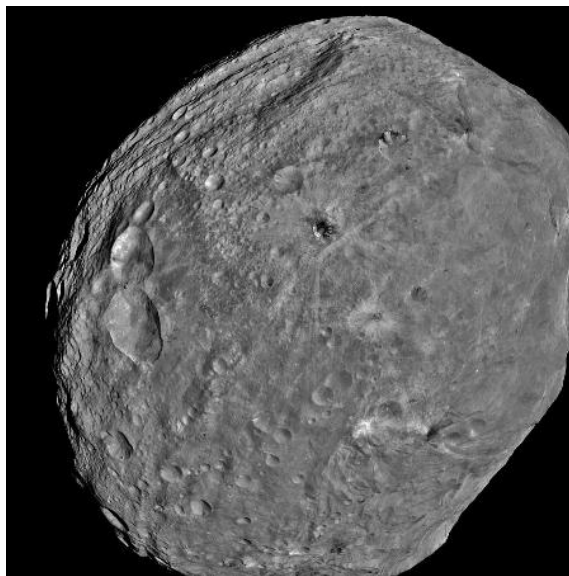
A még az 1980-as évek elején indult projektben korábban magyarországi kutatók is részt vettek (Földmérési és Távérzékelési Intézet, Kozmikus Geodéziai Observatórium). A fedélzeti berendezések tesztjei sikeresek voltak, az első interferométeres méréseket 2011 végéig már el is végezték. A tudományos célú megfigyelések sorozata 2012 elején indul.

Közelről is bemutatkozik a Vesta. A NASA nyilvánosságra hozta a Dawn űrszonda első részletes felvételeit, amelyeket a Vesta kisbolygó körüli pályáról készítettek. A négy évvel ezelőtt indult, ionhajtóművel mozgó amerikai szonda július közepén állt pályára a fő kisbolygóövben található második legnagyobb égitest, a Vesta körül. Egy évig kering majd az 1807-ben felfedezett kisbolygó körül, majd újra útnak indul, hogy két és fél évig tartó repülés után meglátogassa a még nagyobb méretű Ceres törpebolygót is. A projekt hivatalosan 2015 júliusáig tart majd.

Az első közeli fényképeken egy erősen tagolt felszín bontakozik ki. Óriási párhuzamos árokból álló rendszer választja el a kráterekkel sűrűn szabdalta északi féltekét a délitől. Ez utóbbin a felszín simább, a terepet egy hatalmas becsapódás nyomai uralják. A kutatókat már ezek az első felvételek is izgatottá tették, hiszen rengeteg, eddig hozzáférhetetlen információt nyújtanak a Naprendszer keletkezésének ősi korszakából visszamaradt égitestről. A Vesta felszínéről úgy sejtik, hogy bazaltos kőzetek alkotják, amelyek a 4,5 milliárd évvel ezelőtt, forró körülmények között keletkeztek. A kisbolygó azonban – viszonylag kicsi, kb. 580 km × 460 km-es mérete miatt – rövid idő alatt kihűlt. Így mintegy „befagyott” állapotban őrzi azokat a körülményeket, amelyek bolygórendszerünk első ötmillió évében lehettek jellemzők.

Kezetben a Dawn mintegy 2700 km magasan kering a kisbolygó fölött. Egy pályaperiódus 3 (földi) napig tart. Mivel az égitest gyorsan forog – 5 óra 20 perc alatt fordul meg a tengelye körül –, a szonda a pályája észak-déli szakaszán végig tudja pásztázni a teljes megvilágított felszínt. A másik, délről észak felé tartó repüléssel eltelt „félidőben”, az árnyékos oldalon haladva sugározza le a fedélzeten elraktározott képeket és mérési adatokat a földi irányítóknak.

Három hét után megkezdik a pályamagasság csökkentését, egészen kb. 680 km-ig. Ezt az ionhajtóművel egy hónap alatt érik el. Ez a pályamagasság alkalmas lesz a Vesta részletes topográfiai felmérésére. Hatvan félnapos periódusú pálya után ismét jobban, immár 180 km-re közelítik meg az égitestet. A még nagyobb felbontású képalkotás mellett a gamma- és neutrondetektorok a felszín bombázó kozmikus sugárzás hatását figyelik, a mérésekből a talaj felső rétegének összetételére következtetnek. Felmérik a Vesta gravitációs terét is. A legalacsonyabb pályán eltöltött időszak után ismét emelkedik a szonda. Ekkor, a program elején zajló globális feltérképezés után 8 hónappal, más megvilágítási viszonyok mellett folytatják a felszín fényképezését olyan területekkel, amelyek most nem jól láthatók. Végül az űrszonda 2012 júniusában elhagyja a Vesta környezetét, elindul a Ceres felé vezető hosszú útjára.



2011. augusztus



Úton a Juno a Jupiter felé. A Naprendszer legnagyobb bolygójának eredetét, fejlődését kutató amerikai űrszonda augusztus 5-én indult Floridából, Atlas-5 rakétával. Majdnem öt év múlva, 2016 júliusában áll majd pályára a Jupiter körül. Útja közben, a start után két évvel visszatér a Földre egy gravitációs lendítő manőverért. A NASA New Frontiers programja keretében készült 1,1 milliárd dolláros űrszonda utána poláris pályára áll az óriásbolygó körül, ahol bő egy éven át kering, 33 perióduson át. Többek közt a légkör összetételét, a magnetoszféra és a gravitációs tér tulajdonságait méri, a bolygó belső felépítésével kapcsolatban gyűjt adatokat. Az űreszköz különlegessége, hogy napelemekkel termel energiát, amire ilyen nagy naptávolságban (779 millió km-re) eddig még nem volt példa. A Juno tömege 3625 kg.

A Jupiter tömege nagyjából kétszer akkora, mint a Naprendszer összes többi bolygójáé együttvéve. A Nap kialakulása után feltehetően ez volt az első nagy égitest, amely a csillag környezetében elkezdett formálódni. Már csak ezért is különösen érdekes célpont, hiszen vizsgálatával általában a bolygórendszer(ek) születésével kapcsolatban is lényeges új információhoz juthatunk. A Juno lesz a kilencedik űreszköz, amely eljut a Jupiterhez, de csak a második, amelyik pályára is áll körülötte. Az eddig ott jártak listája (a nevek mögött zárójelben a start és az odaérkezés éve): Pioneer-10 (1972/1973), Pioneer-11 (1973/1974), Voyager-1 (1977/1979), Voyager-2 (1977/1979), Galileo (1989/1995 – pályára állt), Ulysses (1990/1992), Cassini (1997/2000) és New Horizons (2006/2007).

Dolga végeztével a Juno a Jupiter légkörében elégséges pályafutását. Így még véletlenül sem kerülhet a bolygó valamelyik holdjára, amelyeken a távolabbi jövőben akár életnyomokat is kereshetnek majd az akkori űreszközeink.

Endeavour-kráter: megérkezett az Opportunity. A NASA elnyűhetetlen marsjárója elérte célpontjának, a 22 km átmérőjű kráternek a peremét. A 2004 januárjában a Marsra érkezett Opportunity számára már három évvel ezelőtt kijelölték a következő nagy célpontot, miután befejezte a Victoria-kráter környezetének tanulmányozását. Ott két évet töltött. A Victoria mintegy 25-ször kisebb volt, mint az Endeavour, amely a legnagyobb marsi kráter, amelyet valaha űreszköz meglátogatott. A bolygó körül keringő űrszondák mérései alapján az ott kutható közetek régebbi korokból származnak, mint amiket az Opportunity eddig vizsgálhatott. A kutatók azt remélik, hogy a Mars még ősbibb „vizes” múltjába is bepillanthatnak a robotgeológus segítségével.

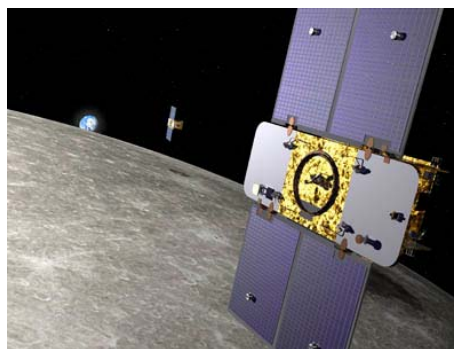
A megérkezés után sietségre nem lehet számítani. Az Opportunity akár évekig vizsgálódhat a mostani állomáshelye környékén, ameddig csak bírja. Valójában már az, hogy a 90 naposra tervezett élettartamú berendezés még több mint hét év után is működőképes, egy műszaki csoda. Nem meglepő, hogy az Opportunity azért mostanra már nincs tökéletes állapotban. Hat kereke közül az egyik már akadozik, a tudományos műszerek közül a Mini-TES spektrométer elromlott, és a robotkar csuklói sem tökéletesek. Az Opportunity útja során a múlt hónapban jutott túl egy jelképes mérföldkövön: kerek 20 mérföldet (kb. 32 km-t) haladt összesen a Mars felszínén. (Eredetileg legfeljebb 1 km megtételére szánták.)

Progressz-baleset. Az augusztus 24-én Bajkonurból indított Progressz M-12M (más jelöléssel 44P) teherűrhajó a Szojuz-U hordozórakéta harmadik fokozatának hibája miatt nem tudott pályára állni. Szibéria déli részén, lakatlan területen csapódott a földre. A Progressz egyéb utánpótlás (víz, oxigén, élelmiszerek, kísérleti eszközök) mellett kb. 800 kg mérgező üzemanyagot (heptilt) is vitt az ISS-re, ami azonban már a levegőben megsemmisült. A Nemzetközi Űrállomás ellátása emiatt közvetlenül nem került veszélybe, de a balesetet követő, a Szojuz hordozórakéták típusaira kiterjedő vizsgálódás miatt felborult az utánpótlás és a személyzetcsere menetrendje. Az is felmerült, hogy mivel az év végéig az ISS hat főből álló személyzetének már vissza kell térnie a Földre, ezért az űrlaboratórium egy ideig személyzet nélkül, automata üzemmódban kell keringjen. Erre a vészforgatókönyvre szerencsére nem volt szükség. A következő, Szojuz TMA-22 jelzésű űrhajó startjára végül szeptember helyett novemberben sor kerülhetett. További három űrhajós pedig a Szojuz TMA-03M fedélzetén decemberben érkezett az ISS-re.

2011. szeptember

Elindult a Holdhoz a GRAIL űrszondapáros.

Űrszondák sora fényképezte már a felszínét, 12 ember járt rajta, közetmintákat hoztak vissza onnan, mégis van még mit kutatni a Holddal kapcsolatban. A GRAIL (*Gravity Recovery and Interior Laboratory*) szeptember 10-én az égitest gravitációs terének feltérképezésére indult. A mérésektől azt várják, hogy többet tudhatunk meg égi kísérőnk belső tömegeloszlásáról, felépítéséről. Mi zajlott le a Hold belsejében kialakulása után? Van-e az égitestnek magja? Ha igen, hogyan keletkezett és fejlődött? Miért különbözik annyira a Hold innenső és túlsó oldalának felszíne?



Ez volt a nagyszerű Delta-2 típus utolsó startja Floridából, 22 évnyi szolgálat után. A repülés megkezdése után kb. 80 perccel, 8 percnyi időkülönbséggel váltak el a szondák a rakéta második fokozatától, hogy megkezdjék külön-külön útjukat a Hold felé. Ez az út meglehetősen komplikált volt: 4,2 millió km útba, három és fél hónapba telt, mire a GRAIL-A és a GRAIL-B lefékezett és pályára állt a Hold körül. Ez sikeresen meg is történt 2011. december 31-én illetve 2012. január 1-jén.) A két szonda először a Nap-Föld rendszer L1 Lagrange-pontja környezetébe jutott el, onnan jön aztán vissza. A bonyolult manőverek oka, hogy a közvetlenül a Hold felé indított szondák jelentős mennyiségű hajtóanyagot kell magukkal vigyenek, hogy a Holdhoz képest nagy relatív sebességüket kellően le tudják csökkenteni. A GRAIL szondák viszont kicsik (starttömegük kb. 300 kg), kevés üzemanyaggal rendelkeznek, ezért úgy tervezték pályájukat, hogy mire a Hold közelébe érnek, ne sokkal különbözzön a sebességük az égitestétől. Cél volt a takarékság is: ha több hajtóanyagot vittek volna magukkal, emiatt vagy nagyobb teljesítményű, vagy két külön rakétát kellett volna indítani.

A Hold déli pólusa felől érkező űreszközök fedélzeti hajtóműveik 38 perces működésével álltak először 11,5 órás periódusú elnyúlt ellipszispályára. Ezt alakítják utána – nagyjából egy hónap elteltével – olyan poláris körpályákká, amelyeken a két „űrszondatestvér” szorosan követi egymást. E precíz kötelékreplés megvalósítása lesz a földi irányítók legkényesebb feladata. Az azonos felépítésű szondákból álló páros tagjai rádiójelek segítségével mérik egymás pontos távolságát, ami 100 és 225 km között változik majd. A 82 napig tartó tudományos mérési szakasz 55 km magas pályáról 2012 márciusában kezdődik. Az adatokból a Hold körüli gravitációs mező térbeli változásaira lehet következtetni. Ennek alapján az égitest belső felépítésére vonatkozó modelleket pontosíthatják. A módszer ugyanaz, mint amit a Föld esetében a 2002-ben indított GRACE műholdakkal is alkalmaznak. A GRAIL szondák programja a jövő júniusi holdfogyatkozásig tart, ami a várakozások szerint az energia-ellátás nélkül marad, és csak kis akkumulátorokkal felszerelt űreszközök végét jelenti majd. A program megjósolható vége, 2012. június 4. után röviddel (napokon belül) annyira lecsökken a pályamagasságuk, hogy az égitest felszínébe csapódnak.

A becslések szerint a Hold innenső oldalának jelenleg ismert gravitációs térképéet százszor, a jószerivel ismeretlen túlsó oldaléét ezerszer meghaladó részletességű adatokhoz jutunk a GRAIL mérései nyomán. Ezután a Hold lesz az az égitest, amelyről a legjobb térbeli felbontású, űreszközökkel gyűjtött globális gravitációs adatok állnak majd rendelkezésre, beleértve a Földet is. (A Föld légköre megakadályozza, hogy ilyen alacsonyan keringjenek körülötte a műholdak.) A GRAIL az első űrprogram, amelynek keretében kötelékreplést hajtanak végre egy másik égitest körül. A kutatók remélik, hogy a módszert hosszabb távon akár máshol is alkalmazhatják. Egy lehetséges célpont a Jupiter Europa holdja, ahol a felszín alatt feltételezett óceán áramlásait lehetne kimutatni ezzel a technikával.



Pályán a kínai űrállomásmodul. A szeptember 29-én indított Tienkung-1 (Tiangong-1, jelentése: mennyei palota) modult még 2011-ben egy automata űrhajó látogatta meg, jövőre pedig két emberes űrhajó repülhet hozzá. A Góbi-sivatagban levő Csiucsüan űrközpontból emelkedett fel az a Hosszú Menetelés-2F hordozórakéta, amely Kína első űrállomásmodulját állította alacsony (a felszín felett 350 km-re húzó-dó) Föld körüli pályára. A Tienkung-1 csak az első lépés a kínaiak űrállomásprogramjában. A most felbocsátott modul célja,

hogy segítségével begyakorolják az űrállomás-építést, az űrhajók dokkolásának technikáját.

A Tienkung-1 élettartamát mintegy 2 évre tervezik. Az ázsiai ország 2020-ig egy nagy, 60 tonnás űrállomást szeretne létrehozni. A Tienkung-1 startja három évvel követte a legutóbbi kínai űrhajósok repülését, amely során végrehajtották az első kínai űrsétát is. A kb. 8,5 tonna tömegű, napelemekkel ellátott űreszköz hossza 10,4 m, testének szélessége 2,7 m és 4 m között változik. Egy hozzá csatlakozó Sencsou űrhajóval együtt a „miniatűr űrállomás” kb. 18 m hosszú lesz.

A későbbi modulok nagyobbak lesznek, rajtuk több dokkolóhellyel. Miután a Hosszú Menetelés rakéta továbbfejlesztett, nagyobb terhek pályára állítására képes változata is elkészül, elkezdik felépíteni az 1970-es évek amerikai Skylab űrállomásához hasonló méretű kínai űrbázist.

Először a Sencsou-8 űrhajó indult a modul után, október 31-én. Fedélzetén német együttműködésben orvosbiológiai kísérleteket is végeztek, amelyeket a november 17-i visszatérés után kezdtek kiértékelni. A Sencsou-8 startja után két nappal automatikus üzemmódban, a Föld éjszakai oldala fölött csatlakozott a két űreszközhöz. A dokkolási kísérletet később még egyszer, nappali fényviszonyok mellett is sikeresen megismételték.

2011. október

Magyar berendezés egy luxemburgi műholdon. Október 12-én egy indiai PSLV hordozó-rakéta sikeresen pályára állította a francia-indiai Megha-Tropiques időjárás- és klímakutató műholdat. A rakétán „társbérletben” utazott három másik kis űreszköz egyike a 28,7 kg tömegű VesselSat-1 volt, amelyet Luxemburgban épített a LuxSpace cég. Feladata a tengeri hajóforgalom követése, a fedélzetén elhelyezett AIS (*Automatic Identification System*) rádiós vevőberendezések segítségével.

Az éppen a műhold látómezejében tartózkodó tengerjáró hajók által automatikusan leadott jeleket két 1,7 m hosszú, a start után a Föld körüli pályán kinyitott dipólantennával veszik. Az AIS egy globális hajókövető rendszer, aminek újabban megkezdődött a világszerte való kiterjesztése is. Műholdak fedélzetére, sőt a Nemzetközi Űrállomásra is kerültek és kerülnek olyan vevők, amelyek segítségével az egész Földet le tudják majd fedni megfigyelőhálózatokkal. Előírás, hogy minden, a nemzetközi vizeken hajózó, egy adott méretet meghaladó szállítójármű, illetve az összes személyszállító hajó olyan rádiós jeladót üzemeltessen, amely folyamatosan sugározza a hajó azonosítóját és navigációs adatait (pontos helyzetét, sebességét, útvonalát). Az AIS segítségével a kikötői hatóságok követni tudják a forgalmat, a hajók elkerülhetik az összeütközést, baleset esetén pedig könnyebb a mentés. Az ultrarövid hullámú (URH) sávban működő jeladók vízszintes hatótávolsága kb. 70 km, ami közvetlenül a part menti zónában, illetve a közeli hajók esetében egymás közt teszi használhatóvá a rendszert. A nyílt óceán hajóforgalma tehát a földi telepítésű vevőkkel nem követhető. Független irányban, felfelé azonban a jelek nagyobb távolságból, akár néhány száz kilométerrel a felszín felett is foghatók. Ezen alapul az alacsony pályás űreszközökre helyezett vevők ötlete.

A most indított luxemburgi gyártású műhold megrendelője, adatainak felhasználója, az amerikai ORBCOMM vállalat volt az első, amely 2008-ban saját műholdas méréseket alkalmazó, AIS alapú kereskedelmi információs szolgáltatást kezdett nyújtani megrendelőinek, hajóflották üzemeltetőinek illetve kormányzati szervezeteknek. A cég rövid távú terveiben további műholdak pályára állítása, a területi lefedettség növelése is szerepel. AIS vevők kerülnek az ORBCOMM most épülő 18. második generációs (OG2) műholdjának fedélzetére. A csak AIS vételre készült VesselSat-1 az Egenlítő síkjához közeli pályán, a hamarosan, talán még az idén induló társa, a VesselSat-2 pedig poláris pályán keringve egészíti majd ki az OG2 műhold-konstelláció lefedettségét.

A VesselSat-1-re az adatsatorna legfontosabb láncszemét, a fedélzeti digitális modulátort azonban egy magyar űripari cég szállította. A budapesti székelyű a *BHE Bonn*

Hungary Elektronikai Kft. a flotta fedélzeti szolgálati rendszeréhez készülő kulcsfontosságú berendezésekre kapott megrendelést. Ez az első ilyen nagyszabású megbízás, amelyet egy magyar űripari vállalkozás elnyert. Az újpesti ipari parkban található El-Tech Centerben működő csúcstechnológiai cégnél rekord idő, mindössze 5 hónap alatt fejlesztettek ki és gyártottak le négy repülő példányt a VesselSat-1 és -2 számára.

Pályán az első két Galileo műhold. Hosszú évek késedelme után végre megkezdődött Európa saját, polgári irányítású navigációs műholdrendszerének kiépítése. A Galileo rendszer első két műholdja egy kipróbálási fázis (*In-Orbit Validation*, IOV) részeként indult október 21-én egy Szojuz hordozórakétával, a francia guyanai Kourou űrközpontból. Ez volt egyúttal az orosz hordozórakéta-típus bemutatkozó repülése az Egyenlítőhöz közeli dél-amerikai bázisról, ahonnan az európai űreszközöket szokás indítani.

Az űreszközök tömege egyenként 700 kg. Méretük a napelemszárnyak kibontása után 2,74 m × 14,5 m × 1,59 m. A precíz navigációt és időszinkronizációt lehetővé tevő jelek sugárzásának alapfeltételét, a nagy pontosságú időmérést két-két fedélzeti hidrogén mézer ill. rubídium atomóra garantálja. A műholdak az L-sávban sugározzák jeleiket. Emellett egy C-sávú antenna szolgál a Földről felküldött adatok vételére, két S-sávú antenna pedig az irányítókkal való kapcsolattartás, a telemetriai adások lesugárzása céljából került a fedélzetre. A műholdakon rendelkezésre álló elektromos teljesítmény napfényben 1420 W, a Föld árnyékában (akkumulátorokról) 1355 W. Egy-egy Galileo IOV hold remélt élettartama legalább 12 év. Ezek már részei lesznek a végleges műhold-konstellációnak is, nem úgy, mint a korábban tesztelésből indított, egyes részfeladatokat kipróbáló GIOVE-A (2005) és GIOVE-B (2008) műholdak.

A Galileo IOV fázisban még két, a mostaniakhoz hasonló műhold indítására kerül sor, ugyaninnen és ugyanígy, várhatóan a jövő évben. A négy IOV hold szerepe, hogy az újfajta navigációs űreszközök fedélzeti berendezéseit, a jelsugárzást, a földi követésre és irányításra kiépített hálózatot és központokat tesztelje. Ezután folytatódhat a végül 30 egyszerre keringő (27 működő és 3 tartalék) holdból álló rendszer kiépítése. Ezek közepes (kb. 23 ezer km-es) felszín feletti magasságú, 56°-os hajlásszögű körpályákon keringenek majd, három különböző pályasíkba rendezve. A majdani teljes konstelláció a Föld legnagyobb részén, minden időben elegendő műholdat biztosít majd a horizont felett ahhoz, hogy a rádiójeleket venni és feldolgozni képes berendezések ezek alapján meghatározzák a vevő pontos helyét és sebességét. A Galileo hasonlóan működik majd, mint a jól ismert és elterjedt amerikai GPS rendszer, illetve orosz megfelelője, a GLONASSZ. Ezek azonban katonai fennhatóság alatt üzemelnek, míg a Galileo irányítását polgári szervek tartják kézben.

A Galileo műholdjait egy-egy európai gyerekről nevezik majd el, azokról, akik az Európai Unió tagállamaiban rendezett rajzversenyekre a legszebb alkotásokat küldik be. Az első két IOV hold egy bolgár kislány (Natalia) és egy belga kisfiú (Thijs) nevét viseli.

Az októberben felbocsátott két Galileo IOV műhold berendezései az első hónapokban lefolytatott tesztek alapján tökéletesen működnek.

2011. november

Nem jut el a Marshoz a Fobosz-Grunt. November 8-án Bajkonurból rendben elindult az orosz Fobosz-Grunt űrszonda, azzal a céllal, hogy egy egysége végül a Mars nagyobbik holdjáról, a Phobosról származó talajmintával térjen vissza 2014-ben. (A szonda neve oroszul Phobos-talajt jelent.) Vele utazott a mindössze 110 kg-os Jinguo-1 (Yinghuo-1), az első kínai készítésű űreszköz, amely messze eltávolodott volna a Föld-Hold rendszerből. A Marshoz érve függetlenedett volna az orosz szondától, s egy éven át a bolygó körüli pályán keringett volna. Két kamerát, valamint főleg az elektromágneses környezetet vizsgáló berendezéseket vitt magával.

A Fobosz-Grunt útja a Marsig 11 hónapon át tartott volna. Az alacsony Föld körüli pályáról azonban nem tudott eltávolodni, az erre szolgáló két hajtóműindítás egyike sem sikerült. A hiba valószínűleg szoftveres eredetű volt, de végül hosszas próbálkozások után sem sikerült a földi szakembereknek kapcsolatba lépni az üreszközzel és átvenni az irányítást fölötte. Az 2012 januárjában a sűrű légkörbe lépve végül megsemmisült.

A Fobosz-Grunt a maga 13,5 tonnás tömegével a legnagyobb bolygóközi űrszonda volt, amelyet a volt Szovjetunió területén valaha is építettek. A tömeg ugyanakkor jelentős mennyiségű (kb. 7,5 t) hajtóanyagot is tartalmazott, ami a sikertelen manőverek miatt megmaradt. A szonda összesen 20 tudományos műszert vitt magával. Gázkromatográfiás vizsgálatokkal például szerves anyagok nyomát keresték volna a Phoboson. Különféle hullámsávokban működő spektrométerei a talaj anyagi összetételét derítették volna fel. Az égitest belső szerkezetét hosszúhullámú radarral és szeizmométerrel tervezték kutatni. A két fedélzeti kamera egyike a navigációt és a leszállást segítette volna, a panorámakamerával részletes felvételeket akartak készíteni a Phobosról. Hat további műszer nem a holdat, hanem a Marsot és magának a szondának a környezetét vizsgálta volna. A Fobosz-Grunt elvesztése nagy csapás az orosz űrkutatás számára, egyesek szerint megpecsételi az ország Naprendszer-kutató ürtevékenységének jövőjét is.

Mars500: sikeres küldetés. Az 520 napos izolációs program nemzetközi legénysége 2011. november 4-én végre „landolt a Földön”. Csaknem másfél éves bezártság után kinyithatták a kísérleti komplexum ajtaját. A rekordhosszúságú szimulált Mars-misszió után a hat résztvevő széles mosollyal, boldogan lépett ki az „űrhajóból” a Moszkva melletti Orvosbiológiai Kutatóintézetben (IBMP), ahol a program vezetői, a résztvevő kutatók, tudósok és a sajtó képviselői már nagy izgalommal várták őket. A „marsonauták” 2010 júniusa óta most először láthattak újra természetes napfényt. A program során a kísérleti alanyok gyakorlatilag folyamatos megfigyelés alatt álltak. Monitorozták az agytevékenységüket, vizsgálták a szervezetükben végbemenő változásokat, egy sor mintát is begyűjtöttek a későbbi elemzésekhez. Ezen kívül teljesen önállóan tartották fenn magukat a lakóegységekben. Egyelőre úgy tűnik, hogy a tudósok elégedettek a program során keletkezett egyedülálló kísérleti anyaggal. A begyűjtött új információk részletes feldolgozása a következő hónapok feladata lesz.

Az MTA Pszichológiai Kutatóintézet munkatársai is „jártak a Marson”, és az expedíciót megelőzve sikeresen vissza is tértek Budapestre. Miközben a Mars500 legénysége már nagyban készülődött a november 4-i visszatérése, a magyar kutatók magunk is körülnézték az immár elhagyott „bolygó” felszínén. A sétára abból az alkalomból került sor, hogy egy pár napos munkamegbeszélés erejéig meglátogatták az IBMP-ben dolgozó kollégáikat, akikkel közösen elemezték a Mars500 legénysége és a földi irányítás közötti kommunikációt. A kutatás a szövegek számítógépes tartalomelemzésére irányul. Az orosz szakemberek több évtizedes tapasztalatát ötvözték a magyar intézet Narratív Pszichológiai Munkacsoportja által kifejlesztett számítógépes elemzési módszerekkel.

Elindult a Mars Science Laboratory. A 2,5 milliárd dolláros amerikai Mars-program keretében a *Curiosity*, minden idők legtöbbet „tudó” marsjárója indult a vörös bolygó felé. Ha minden jól megy, nyolc és fél hónap múlva száll le a Gale-kráter belsejében. A startra a floridai Cape Canaveralról került sor november 26-án, egy Atlas-5 hordozórakétával. A *Curiosity* (jelentése: kíváncsiság) a legösszetettebb műszerezettségű rover (mozgó automata űrjármű), amelyet valaha más égitestre küldött az emberiség. Fő tudományos célja egy mondatban: szerves anyagok, az esetleges egykori „lakhatóság” nyomainak keresése a Mars felszínén. A tervek szerint a *Curiosity* 2012 augusztusában ér el külső bolygószomszédunkhoz.

A program legkockázatosabb szakasza a sima leszállás lesz a bolygó felszínén. Most fog bemutatkozni egy olyan új módszer, amelyben egy rakétameghajtású „légi daru” engedi le a kábeleken rögzített, hatkerekes marsjárművet a felszínre. A rover közel 1 tonnás tömege



túl nagy a légpárnás leszálláshoz (azt a módszert alkalmazták korábban a NASA Pathfinder, Spirit és Opportunity marsjármeveinél). A dolog kockázata abban áll, hogy földi körülmények közt lehetetlen volt tesztelni a teljes folyamat minden egyes fázisát. Így a fejlesztő mérnökök az egyes részegységek tesztjeire és rengeteg számítógépes szimuláció eredményeire hagyatkozhattak csak.

A kijelölt leszállóhely a 154 km átmérőjű Gale-kráter, amelynek közepén egy 5 km-es hegy magasodik. Oldalában feltárulnak a Mars történetének

különböző korszakaiból származó rétegek, amelyekben a mikrobiális élet feltételeinek meglétét vagy nyomát lehet kutatni. A hegyoldalon lassan felkapaszkodva, a mozgó laboratórium lényegében lapról lapra – rétegről rétegre – olvashatja majd ki a Mars környezeti viszonyainak történetét. Az elektromos energiát és a fűtést radioizotópos termoelektromos generátor biztosítja a Curiosity számára, így – marsjáró-elődeivel ellentétben – nem lesz kénytelen napelemtáblákra hagyatkozni. Ez sokkal nagyobb élettartamot, jobb üzembiztonságot, éjszakai és téli működési lehetőséget is jelent számára. Az elsődleges program egy marsi éven (majdnem két földi éven) át tart majd, de ha a műszerek állapota megengedi, természetesen meghosszabbítható.

A Curiosity mérete egy kisebb autóéval összemérhető. Tömege 900 kg. Felszereltségéhez tartozik összesen 17 kamera, egy jó 2 méter hosszú robotkar, és tíz különféle fejlett tudományos mérőberendezés. A műszercsomag tömege kb. 57 kg. (Összehasonlításképpen érdemes megemlíteni, hogy a NASA nagy sikerű Spirit és Opportunity marsjáróinak miniatürizált tudományos műszerei ennek alig hatodrésztét tették ki.) A program legnagyobb ígérete, hogy esetleg megállapíthatja: a Mars történetének valamely időszakában megfelelőek lehetnek a környezeti körülmények az élet fenntartására. Ez azt jelenti, hogy az általunk ismert élethez szükséges három alapvető feltétel – víz, energia, széntartalmú szerves anyagok – egyszerre rendelkezésre álltak. A Mars eddigi űrszondás távérzékelési és helyszíni kutatásai alapján az első két feltétel valamikori megléte mára már bizonyítottnak tekinthető. A Mars egykor (nagyjából 3,5–4 milliárd éve) valóban egy melegebb, és a felszínen folyékony halmazállapotú vízzel rendelkező bolygó volt.

A Mars Science Laboratory űrszonda már 2009-ben útra kellett volna keljen, de nem készült el időben, és építési költségei is megugrottak. A két éves késlekedés plusz félmilliárd dollárt emésztett fel.

2011. december

Kína éve. Ebben az évben utoljára december 22-én állították pályára egy kínai távérzékelési műholdat. Ezzel megjavították az ország előző, 2010. évi startrekordját is. Ha csak a darabszámot tekintjük, Kína 2011-ben több (összesen 19, ebből egy sikertelen) űrindítást végzett, mint az Amerikai Egyesült Államok (18-ból 17 sikeres). Oroszország 2011-ben Gagarin űrrepülésének 50. évfordulóját ünnepelte. Bár az indításaik száma megközelítette a másik két nagy űrnemzetét együttvéve, sajnos öt kudarcot is hozott. Oroszország területéről ebben az évben 28 alkalommal hajtottak végre sikeres űrindítást. Ezekon felül két orosz Szozuz rakéta startolt az európai üzemeltetésű űrbázisról, a francia guyanai Kourouból. Európai Ariane-5 rakétákat 2011-ben öt alkalommal használtak. Indiából és Japánból három-három, Iránból pedig egy űrindítást jegyeztek fel.

Az Űrkaleidoszkóp 2010. és 2011. évi számainak tárgymutatója

Összeállította: Bán András

Az *Űrkaleidoszkóp* a Magyar Asztronautikai Társaság hagyományos, havi rendszerességgel megjelenő tájékoztató kiadványa volt (nyaranta egy július-augusztusi dupla számmal). Az *Űrkaleidoszkóp* 2011 decemberében, a 25. évfolyam lezárultával jelent meg utoljára. A kiadvány 2010-től – anyagi okokból – nyomtatott formában postázva már nem, csak a MANT honlapjáról elektronikus változatban juthatott el az érdeklődőkhöz. Az *Űrkaleidoszkóp* eredeti feladatát, hogy egyedülálló módon összegyűjtse az űr kutatással, űrtvékenységgel kapcsolatos friss, fontos információkat, az internetes korszakban már csak korlátozottan tudta teljesíteni. Egyre kevesebben érdeklődtek iránta, pedig az elektronikus változatban színes képmelléklettel is kibővítettük. A havi megjelenés miatt a hírek jelentős része nem juthatott el elég gyorsan az olvasókhoz, akik azokról más (főleg internetes) csatornákon már korábban értesülhettek.

A legfontosabbnak vagy legérdekesebbnek tartott hírek mellett a hazai nyomtatott lapokban megjelenő írásokból is rendszeresen szemlézett az *Űrkaleidoszkóp*. Ezt a feladatot a jövőben a MANT honlapján megjelenő hírekben, az eddigiéknél naprakészebben lehet ellátni. Az *Űrkaleidoszkóp* régebbi számai ugyanakkor – egészen 2005-ig visszamenően, sőt hamarosan még régebbi évfolyamok is – elektronikus formában, a MANT honlapján keresztül a széles nagyközönség számára továbbra is hozzáférhetők:

www.mant.hu/urkaleidoszkop

Az alábbi összeállításunk azért készült, hogy segítsünk utólag „navigálni”, egy-egy érdekes vagy fontos információt könnyebben megtalálni az *Űrkaleidoszkóp* két utolsó, 24. és 25. évfolyamának írásai, hírei között. A fő témakörökön belül – időrendben – megadjuk az azokhoz kapcsolódó hírek címét, valamint az *Űrkaleidoszkóp*nak azt a számát (az év és a hónap megjelölésével), amelyben az adott hír megjelent. Egy-egy cikk – többrétű érintettsége miatt – több téma alatt is megjelenhet. (A listán nem szerepelnek a *Rövid hírek* rovatban megjelent egy-két mondatos információk és a lapszemlék.)

Emberes űrrepülés

| | |
|---|-----------------|
| Szojuz TMA–17 | 2010. I. |
| SpaceShipTwo: bemutatkozás | 2010. I. |
| Szojuz TMA–18 | 2010. V. |
| Discovery (STS–131) | 2010. V. |
| Utoljára indult az Atlantis az űrbe | 2010. VI. |
| Szojuz TMA–19 | 2010. VII–VIII. |
| Egy vadonatúj Szojuz űrhajó indult | 2010. XI. |
| SpaceShipTwo: sikeres siklórepülési próba | 2010. XI. |
| Dragon: az első magánfejlesztésű űrhajó első repülése | 2011. I. |
| STS–134: az Endeavour utolsó útja | 2011. VI. |
| Az amerikai űrrepülőgépes program utolsó útja (Atlantis, STS–135) | 2011. IX. |
| Az utolsó űrsikló Pille-könnnyű magyar terhe | 2011. IX. |
| Pályán a kínai űrállomásmodul | 2011. XI. |
| Elindult a várva várt Szojuz TMA–22 | 2011. XII. |
| Visszatértek a Szojuz TMA–02M űrhajó utasai | 2011. XII. |
| Kibontakozóban az Orion űrhajó programja | 2011. XII. |

Nemzetközi Űrállomás

| | |
|---|-----------------|
| Szojuz TMA–17 | 2010. I. |
| Az ESA ötleteket keres az ISS fedélzetéről történő klímaváltozás-kutatáshoz | 2010. III. |
| Nemzetközi Űrállomás 2028-ig? | 2010. IV. |
| Szojuz TMA–18 | 2010. V. |
| Discovery (STS–131) | 2010. V. |
| Utoljára indult az Atlantis az űrbe | 2010. VI. |
| Újra AEKI-hegemónia a Nemzetközi Űrállomáson | 2010. VI. |
| Szojuz TMA–19 | 2010. VII-VIII. |
| Újra működik a hűtőrendszer a Nemzetközi Űrállomáson | 2010. IX. |
| Romlandó űrállomás? | 2010. X. |
| Egy vadonatúj Szojuz űrhajó indult | 2010. XI. |
| A második japán teherűrhajó | 2011. III. |
| Elindult a második európai teherűrhajó is | 2011. III. |
| Tovább szállítják a Szojuz űrhajók az amerikaiakat | 2011. IV. |
| STS–134: az Endeavour utolsó útja | 2011. VI. |
| Az amerikai űrrepülőgépes program utolsó útja (Atlantis, STS–135) | 2011. IX. |
| Az utolsó űrsikló Pille-könnnyű magyar terhe | 2011. IX. |
| A Progressz M–12M teherűrhajó elvesztése és hatásai | 2011. X. |
| Elindult a várva várt Szojuz TMA–22 | 2011. XII. |
| Visszatértek a Szojuz TMA–02M űrhajó utasai | 2011. XII. |

Műholdas navigáció

| | |
|---|-----------------|
| Szerződés az első 14 Galileo műholdra | 2010. II. |
| Kínai navigációs műhold indult | 2010. II. |
| Új korszak kezdete a GPS-ben | 2010. VII-VIII. |
| Galileo: még drágábban, még lassabban | 2010. IX. |
| Elindult az első japán navigációs műhold | 2010. X. |
| Rekorddöntő kínai műholdindítás | 2010. XII. |
| Tovább épül a kínai műholdas helymeghatározó rendszer | 2011. I. |
| GLONASSZ: itt a legújabb generáció | 2011. IV. |
| Éjjel-nappal dolgoznak a két Galileo műholdon | 2011. VII-VIII. |
| Elindult az első két Galileo műhold | 2011. XI. |

Távérzékelés

| | |
|---|-----------------|
| Haitit figyelik a műholdak | 2010. II. |
| Az ESA ötleteket keres az ISS fedélzetéről történő klímaváltozás-kutatáshoz | 2010. III. |
| Űrtechnológia segíti a szélerőművek hatékonyságának növelését | 2010. III. |
| TanDEM–X: új német radaros távérzékelő műhold indult | 2010. VII-VIII. |
| A figyelőrendszer az űrbe megy | 2010. XI. |
| Envisat: régi műhold új pályán | 2010. XII. |
| Teljes az olasz radarműhold-sorozat | 2010. XII. |
| Globális műholdas erdőterkép | 2010. XII. |
| Aquarius/SAC-D – az óceánok sótartalmának mérése | 2011. VII-VIII. |
| Négy földrész hét műholdja egy rakétával | 2011. IX. |
| Nyugdíjazzák az ERS–2-t | 2011. IX. |

| | |
|---|-----------------|
| Magyar berendezés egy luxemburgi műholdon | 2011. XI. |
| Távközlés | |
| Öt hónap után megint Ariane-5 | 2010. VI. |
| Galaxy-15: menekülés a „zombiműhold” elől | 2010. VII-VIII. |
| Ha egy üzlet beindul... (<i>Iridium</i>) | 2010. VII-VIII. |
| Feltámad a „zombiműhold” | 2011. II. |
| Internet a legeldugottabb helyeken is | 2011. VII-VIII. |
| Elátkozott Telstar-14 | 2011. VII-VIII. |
| A Föld és környezete | |
| Az ESA ötleteket keres az ISS fedélzetéről történő klímaváltozás- kutatáshoz | 2010. III. |
| A GOCE első geoid-térképe | 2010. IX. |
| Pályán a CryoSat-2 | 2010. V. |
| Kevesebb a földközeli kisbolygó | 2011. XI. |
| Nap | |
| Pillangó-effektus a Napon | 2010. VII-VIII. |
| Francia és svéd műholdak Dnyepr rakétával | 2010. VII-VIII. |
| Hold | |
| Puli a Holdra? | 2010. X. |
| Elindult a második kínai holdszonda | 2010. XI. |
| Nemcsak vízjég a Holdon | 2010. XI. |
| A Hold pólusvidéke – ahogyan sohasem láttuk | 2011. III. |
| Új globális holdtérkép – futballpálya méretű részletekkel | 2011. IV. |
| Elindult a Holdhoz a GRAIL űrszonda-páros | 2011. X. |
| Merkúr, Vénusz | |
| Japán légkörkutató szonda és napvitorlás indult a Vénuszhoz | 2010. VI. |
| Akatsuki: el a Vénusz mellett | 2011. I. |
| A Merkúr első mesterséges holdja | 2011. IV. |
| Sosem látott alakzatokat azonosítottak a Merkúr felszínén | 2011. VII-VIII. |
| Mars | |
| Feltámadhat-e a Phoenix-szonda? | 2010. II. |
| Az űrkorszak átalakítja a Mars bolygót illető tudásunkat | 2010. III. |
| Zöld utat kapott az ExoMars Program | 2010. III. |
| A helyhez kötött Spirit hasznosítása | 2010. IV. |
| Az eddigi legjobb képek a Phobosról | 2010. IV. |
| Kanyargó lávacsatorna a vörös bolygón | 2010. IV. |
| Tucatnyi eltemetett gleccsert találtak a Marson | 2010. IV. |
| Magyar pszichológusok a Mars500-ban | 2010. V. |
| Június 3-án elindult a Mars500 szimulációs programja | 2010. VII-VIII. |

| | |
|--|-----------------|
| Megfejtették spirálok keletkezésének okát a Marson | 2010. VII-VIII. |
| Napelem nélkül nem megy a Phoenix-szonda | 2010. VII-VIII. |
| Ütközések eredményeként jöhetett létre a Phobos | 2010. XI. |
| Mars500: leszállás a Mars felszínére | 2011. III. |
| Focipálya méretű kráterhez érkezett az Opportunity | 2011. III. |
| Spirit: hivatalosan is vége | 2011. VII-VIII. |
| Endeavour kráter: megérkezett az Opportunity | 2011. IX. |
| Föld körüli pályán ragadt az orosz Mars-szonda | 2011. XII. |
| Mars500: sikeres küldetés | 2011. XII. |
| Hamarosan indul a marsi „életvadász” | 2011. XII. |

Jupiter, Szaturnusz

| | |
|--|-----------------|
| Amikor megcsillan a napfény egy másik égitest taván (<i>Titan</i>) | 2010. I. |
| Idegen por bombázza a Iapetus felszínét | 2010. II. |
| Poros krumpli a Szaturnusz körül | 2010. II. |
| Terv az Europa jégpáncéljának helyszíni vizsgálatára | 2010. IV. |
| Fél magyarországnyi villámok a Szaturnuszon | 2010. XII. |
| „Gereblyézt” holdat fotózott a Cassini a Szaturnusznál | 2011. VII-VIII. |
| Úton a Juno a Jupiter felé | 2011. IX. |

Egyéb Naprendszer

| | |
|---|-----------------|
| Mi történt az emberiség csillagközi hírnökével? | 2010. VI. |
| Megérkezett a Hayabusa | 2010. VII-VIII. |
| A Rosetta elrepült a Lutetia kisbolygó mellett | 2010. IX. |
| Megtalálták a kétezredik SOHO-üstököst | 2011. II. |
| Fordulj, Voyager! | 2011. IV. |
| Pioneer-anomália: végleg megfejtve? | 2011. V. |
| OSIRIS-REx: utazás egy kisbolygóhoz | 2011. VII-VIII. |
| Tudomány – néhány porszemből (<i>Itokawa kisbolygó</i>) | 2011. X. |
| Kevesebb a földközeli kisbolygó | 2011. XI. |

Űrbiológia, űrorvostan

| | |
|---|-----------------|
| Terv az Europa jégpáncéljának helyszíni vizsgálatára | 2010. IV. |
| Magyar pszichológusok a Mars500-ban | 2010. V. |
| Június 3-án elindult a Mars500 szimulációs programja | 2010. VII-VIII. |
| Neurosat kísérlet „újrátöltve” | 2011. II. |
| Mars500: leszállás a Mars felszínére | 2011. III. |
| ET jeleinek keresése a Kepler-féle exobolygókon | 2011. VI. |
| Csak legenda a holdutazást túlélő baktériumok története | 2011. VI. |
| Mars500: sikeres küldetés | 2011. XII. |
| Hamarosan indul a marsi „életvadász” | 2011. XII. |

Űrcsillagászat

| | |
|--|-----------|
| WISE: új amerikai infravörös űrtávcső | 2010. I. |
| Pislákoló ősgalaxisok a Hubble legújabb felvételén | 2010. I. |
| A Kepler első bolygófelfedezései | 2010. II. |
| Magyar részvétellel fedezték fel az első „normális” exobolygót | 2010. IV. |

| | |
|--|-----------------|
| Harmadik típusú gammavillanások | 2010. V. |
| Pillangó-effektus a Napon | 2010. VII-VIII. |
| Röntgensugárzás fedheti fel a hiányzó anyag titkát | 2010. VII-VIII. |
| Francia és svéd műholdak Dnyepri rakétákkal | 2010. VII-VIII. |
| Távolsági csillagok „pulzuszámolása” (<i>Kepler-program</i>) | 2010. XII. |
| Keressen Ön is exobolygót a Keplerrel! | 2011. I. |
| A Planck-űrtávcső első eredményei | 2011. II. |
| Egy lépéssel közelebb a lakható exobolygók felfedezéséhez | 2011. III. |
| Fekete lyuk tépett szét egy csillagot | 2011. V. |
| Csillagközi hangrobbanás | 2011. V. |
| Triplán fedő hármascillagot fedeztek fel magyar csillagászok | 2011. V. |
| Csúcsműszerrel erednek a rejtélyes anyag nyomába | 2011. VI. |
| ET jeleinek keresése a Kepler-féle exobolygókon | 2011. VI. |
| Műhold igazolta Einstein általános relativitás-elméletét | 2011. VI. |
| Szilikátos kristályok egy protocsillag korongjában | 2011. VII-VIII. |
| Tíz új CoRoT exobolygó | 2011. VII-VIII. |
| Szabályozott hízókúrán voltak az ősi fekete lyukak | 2011. VII-VIII. |
| Oxigén az Orionban | 2011. IX. |
| RadioAstron: orosz rádiócsillagászati mesterséges hold indult | 2011. IX. |
| Kepler-16: ahol két nap ragyog az égen | 2011. IX. |
| Kevesebb a földközeli kisbolygó | 2011. XI. |
| Üstökösviszar tört ki egy közeli csillagrendszerben | 2011. XI. |

Űrpolitika

| | |
|---|-----------------|
| Embereket a Marsra! | 2010. I. |
| Szerződés az első 14 Galileo műholdra | 2010. II. |
| „Európa céljai a világűrben” konferencia | 2010. III. |
| Európai miniszterek Prágában készítették elő az Európai Közösség űrkutatási elképzelés-tervezetét | 2010. III. |
| Nemzetközi Űrállomás 2028-ig? | 2010. IV. |
| Fellendülőben a világ űrkutatása | 2010. IV. |
| Mégis megyünk a Marsra? | 2010. V. |
| Galileo: még drágábban, még lassabban | 2010. IX. |
| Romlandó űrállomás? | 2010. X. |
| Vega, Szojuz: Kourouból csak 2011-ben | 2010. XI. |
| Rekorddöntő kínai műholdindítás | 2010. XII. |
| Hallgatóság a világűrben | 2010. XII. |
| Dragon: az első magánfejlesztésű űrhajó első repülése | 2011. I. |
| Magyar fiatalok az ESA ballonprogramjában | 2011. I. |
| Tovább szállítják a Szojuz űrhajók az amerikaiakat | 2011. IV. |
| Eurómilliókat bukhat Magyarország | 2011. VI. |
| Internet a legeldugottabb helyeken is | 2011. VII-VIII. |
| A magyar űripár sikere | 2011. VII-VIII. |
| RadioAstron: orosz rádiócsillagászati mesterséges hold indult | 2011. IX. |
| Vega rakétán indulhat útjára a Masat-1 | 2011. XII. |

Egyéb hírek

| | |
|--|-----------------|
| Többlépcsős rakéta – már 1551-ben! | 2010. II. |
| Európai országok végezhetnek kísérleteket a déli-sarki Concordia kutatóállomáson | 2010. III. |
| Késni fog a Shuttle-flotta nyugdíjazása | 2010. VI. |
| Az X-37B titkos első küldetése | 2010. VI. |
| Az első Falcon-9 rakéta startja | 2010. VII-VIII. |
| Űrszeméveszély 150 évig | 2010. IX. |
| Mentőakció egy katonai műholdért | 2010. X. |
| Jövőre kezdik építeni az új orosz űrrepülőteret | 2010. X. |
| Öngyilkos robotokat tervez a NASA | 2010. X. |
| Az űrkutatás hasznos termékei | 2010. X. |
| Puli a Holdra? | 2010. X. |
| Öt tonna friss űrszemét | 2010. XII. |
| Hallgatóság a világűrben | 2010. XII. |
| Szerencsétlenül járt orosz navigációs műholdak | 2011. I. |
| Átok ül a NASA napvitorlásain | 2011. I. |
| 2010 második rakétakudarca Indiában | 2011. II. |
| Keressen Ön is exobolygót a Keplerrel! | 2011. II. |
| A start után elveszett a Glory földmegfigyelő műhold | 2011. IV. |
| Space Shuttle: végső elhelyezés | 2011. V. |
| A Pioneer-anomália végleg megfejtve? | 2011. V. |
| A SpaceX tervezett nagyrakétája: a Falcon Heavy | 2011. V. |
| Felfújható antennák | 2011. V. |
| Új víztisztítót tesztelnek majd az utolsó űrrepülőgépen | 2011. VII-VIII. |
| UARS: végre leesett... | 2011. X. |
| Proton rakéták: vizsgálat a baleset miatt | 2011. X. |
| A Progress M-12M teherűrhajó elvesztése és hatásai | 2011. X. |
| A NASA megépíti minden idők legnagyobb hordozórakétáját | 2011. X. |
| Sikeres starttal tért vissza a Sea Launch | 2011. XI. |
| Szupernóva-kutatásért járt a fizikai Nobel-díj 2011-ben | 2011. XI. |
| Föld-körüli pályán ragadt az orosz Mars-szonda | 2011. XII. |
| Kibontakozóban az Orion-űrhajó programja | 2011. XII. |

Magyar vonatkozású események és eredmények

| | |
|--|-----------------|
| Magyar részvétellel fedezték fel az első „normális” exobolygót | 2010. IV. |
| Magyar pszichológusok a Mars500-ban | 2010. V. |
| Újra AEKI-hegemónia a Nemzetközi Űrállomáson | 2010. VI. |
| Puli a Holdra? | 2010. X. |
| Magyar fiatalok az ESA ballonprogramjában | 2011. I. |
| Triplán fedő hármascillagot fedeztek fel magyar csillagászok | 2011. V. |
| Eurómilliókat bukhat Magyarország | 2011. VI. |
| A magyar űripar sikere | 2011. VII-VIII. |
| Az utolsó űrsikló Pille-könnyű magyar terhe | 2011. IX. |
| RadioAstron: orosz rádiócsillagászati mesterséges hold indult | 2011. IX. |
| Magyar berendezés egy luxemburgi műholdon | 2011. XI. |
| Vega rakétán indulhat útjára a Masat-1 | 2011. XII. |

Képmellékletek

| | |
|--|-----------------|
| Kovács Zsuzsa vendégszerkesztő a Közlekedési Múzeum „50 éves az űrkorszak” c. kiállításának megnyitóján | 2010. III. |
| A WIDE műhold infravörösben felvett csillagászati felvételei | 2010. IV. |
| Kilátás az ISS Cupola egységéből | 2010. V. |
| A Cassini közeli felvételei a Mimas holdról; a Herschel-űrtávcső két infravörös felvétele csillagkeletkezési zónákról | 2010. VI. |
| Látványos éjszakai fotó az Atlantis átvonulásáról; az Atlantis a Nap tányérja előtt | 2010. VII-VIII. |
| Ahogy a Rosetta látta a Lutetia kisbolygót | 2010. IX. |
| Égi spirálisok: egy Hubble-kép, valamint egy pörgő rakétafokozat Ausztrália fölött | 2010. X. |
| Műholdképek a vörösiszap-katasztrófáról | 2010. XI. |
| A Hartley-2 üstökös közelről | 2010. XII. |
| Újra a Földön az X-37B mini-űrrrepülőgép | 2011. I. |
| Rekord a Mars körül – Mars Odyssey | 2011. II. |
| A Stardust-NExT szonda a Tempel-1 üstökösnél | 2011. III. |
| Űrtörténelmi csúcsforgalom az űrállomásnál | 2011. IV. |
| Gagarin-bélyegek az 50. évfordulóra | 2011. V. |
| Hamarosan Szojuz rakéták indulnak Kourouból | 2011. VI. |
| Endeavour és űrállomás – közös fényképeken | 2011. VII-VIII. |
| A Dawn első közelképei a Vesta kisbolygóról | 2011. IX. |
| A Hold északi sarkvidéke | 2011. X. |
| Egy Szojuz rakéta, két Galileo műhold – hármas siker Európának | 2011. XI. |
| Kínai dokkolás az űrben | 2011. XII. |

CoCoRAD kísérlet az Európai Űrügynökség BEXUS programjában

Zábori Balázs

egyetemi hallgató, csapatvezető

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Napjainkban a repülőgépes utazás egyre népszerűbb, a Nemzetközi Űrállomás elkészültével az emberes űrrepülések szerepe nagyobb, mint az űrkutatás története során bármikor. Ennek köszönhető, hogy a kozmikus sugárzás térbeli és időbeli változásainak dozimetriai célú tanulmányozása a Föld-közeli térségben jelentősebb, mint valaha. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) hallgatóiból álló CoCoRAD diákcsoport Magyarországról elsőként nyerte el a jogot, hogy részt vehessen az Európai Űrügynökség BEXUS (Balloon Experiments for University Students) programjában. A BEXUS program keretében a diákoknak egy kísérletet kell megtervezniük és megépíteniük, amely a svéd űrkutatási hivatal (SSC) sztratoszférikus ballonrendszerének a fedélzetén repülhetett, mintegy 30 km-es magasságban. A CoCoRAD kísérlet legfőbb célja a kozmikus sugárzás vizsgálata volt a sztratoszféra alsó rétegében, a magyar fejlesztésű Pille és a TriTel dózismérő rendszerekkel.



A BEXUS program és a CoCoRAD diákcsoport

Az Európai Űrügynökség (ESA) 2010-ben is meghirdette a REXUS/BEXUS rakéta- és ballonkísérleti pályázatát egyetemek hallgatói számára. A BEXUS programban sztratoszférikus ballon fedélzetére adaptálhatóak kísérletek. A ballon körülbelül 30 km-es magasságig emelkedik, és megközelítőleg 2–5 órán keresztül repül a sztratoszféra alsó tartományában, olyan magasságban, ameddig a hagyományos repülőgépek már nem képesek eljutni. A felbocsátásra minden év őszen kerül sor az Észak-Svédországban található ESRANGE űrbázisról [1].

A BEXUS-12 és -13 küldetésen a magyar CoCoRAD diákcsoport is részt vehetett. A program történetében most először történt meg, hogy Magyarországról került ki az egyik kísérlet, így kifejezetten büszkén és méltóképpen igyekeztük képviselni a hazai űrkutatás hagyományait a projektben. A BEXUS program azonban lényegesen több, mint egy kísérlet megépítése és felbocsátása. A programban részt vevő diákok egyben lehetőséget kapnak arra, hogy belekóstoljanak egy valós űrkutatási program menetébe, tanulhassanak az Űrügynökség legelismertebb szakértőitől és kiutazhassanak olyan űrbázisokra és kutatóközpontokba, ahová egyébként magyar diákok még nem juthattak el. A csapatunk megfordulhatott az ESA Technológiai Központjában Hollandiában (ESTEC), a DLR MORABA rakétabázisán Németországban (itt található a Nemzetközi Űrállomás Columbus moduljának vezérlőközpontja is), valamint a Svéd Űrkutatási Hivatal (SSC) ESRANGE űrbázisán, mely az Északi-sarkkörön túl fekszik, Kiruna város közelében.



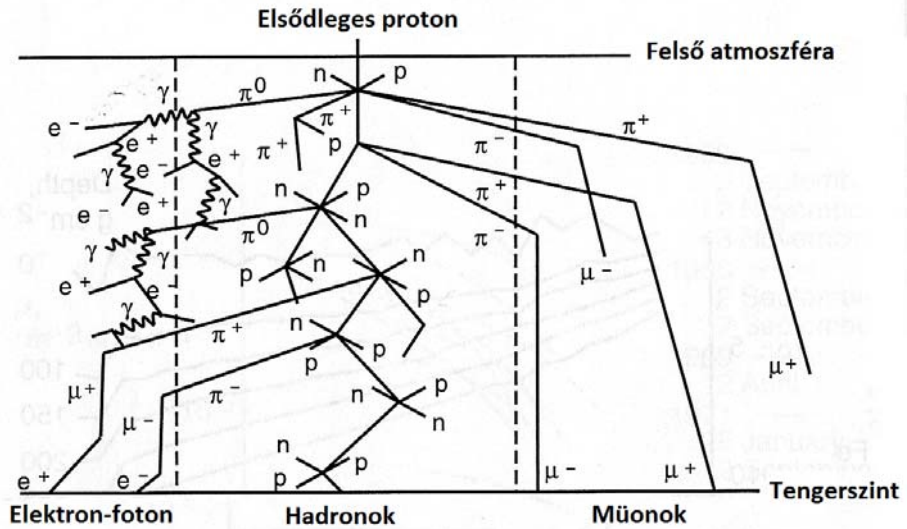
1. ábra A CoCoRAD csapat logója



2. ábra Az ESRANGE űrbázis. (Kép: SSC)

A kozmikus sugárzási környezet a sztratoszférában és a CoCoRAD kísérlet céljai

A világűrben több nagyságrenddel nagyobb a sugárzás intenzitása, ami az élő szervezeteket és az elektronikai berendezéseket is súlyosan károsíthatja. A jövőbeli űrutazások elengedhetetlen feltétele, hogy erről a sugárzásról, összetételéről, tulajdonságairól és a mérési módszereiről minél több tapasztalatot szerezzünk. Bolygónk felszínén az emberiség kettős védelmet is élvez e pusztító sugárzással szemben. A védelem első vonalát a Föld belsejében zajló folyamatok eredményeképpen indukálódott mágneses tér alkotja, mely eltéríti a töltött részecskéket. További védelmet jelent a légkör árnyékoló hatása. Ahogy azonban egyre magasabbra emelkedünk, úgy csökken a felettünk lévő légréteg vastagsága. A sarkvidékek közelében pedig a nagyenergiájú töltött részecskék a mágneses erővonalakat követve a felszínhez egészen közel juthatnak; gondoljunk csak a sarki fényre (*aurora borealis*).



3. ábra Részecskekeletkezés a légkörben [2].

A kozmoszból érkező nagyenergiájú részecskék kölcsönhatásba lépnek a légkör felső tartományával, aminek eredményeképpen részecskék sokasága keletkezik. A keletkezett részecskéket három főbb csoportba soroljuk. Beszélhetünk elektron-foton komponensről, ami alapvetően elektronokat, pozitronokat és gamma-fotonokat jelent, a második jelentősebb csoport a mezon komponens (műonok, pionok, ...), a harmadik pedig a hadronikus komponens, ami főként protonokat és neutronokat takar. Ezek a részecskék alapvetően az elsődleges, közvetlenül a világűrben érkező kozmikus sugárzás hatására keletkeznek, ami főként elektronokból, protonokból és alfa-részecskékből áll. Az így keletkezett részecskéket nevezük szekunder részecskének, mivel közvetetten keletkeztek az elsődleges kozmikus sugárzás hatására [2]. A szekunder részecskék keletkezését a 3. ábra foglalja össze. Megvizsgálva a részecskék összes számát a felszín feletti magasság függvényében, azt tapasztaljuk, hogy kb. 20 km magasságban maximum alakul ki, amit Pfozter-maximumnak nevezünk [3]. Ez annak köszönhető, hogy a szekunder részecskék keletkezése ebben a tartományban éri el a maximumát. Ezen magasság felett a légkör túl ritka és nincs elegendő ütközés a primer sugárzás részecskéi, illetve a légkör atomjai között a szekunder részecskék keletkezéséhez. Ezen magasság alatt pedig a légkör sűrűsége exponenciálisan nő, aminek következtében az árnyékoló hatás annyira megnövekszik, hogy a keletkezett részecskék jelentős része nem éri el az alsóbb légrétegeket.

Láthatjuk, hogy a légkörben a kozmikus sugárzás hatására egy különösen összetett sugárzási tér alakul ki. Ennek sokféle komponense van, amit vizsgálni érdemes. A CoCoRAD kísérlet legfőbb tudományos célja ezen sugárzási környezet tanulmányozása, a Pfozter-maximum magasságának kimérése, valamint annak a többletdózisnak a meghatározása, amiret egy ehhez hasonló űrgrás során egy űrturista elszenvedne.

A kísérlet lelke: a Pille és a TriTel

A kísérlet technológiai céljainak megértése érdekében először meg kell ismerkednünk azon mérőműszerekkel, melyekkel a méréseinket végeztük a repülés során. Egyszerre használtunk passzív (Pille) és energiaellátást igénylő aktív (TriTel) doziméter rendszert, ezáltal lehetőséget teremtve a mért adatok összehasonlítására is. Mindkét mérőműszert Magyarországon fejlesztették ki az MTA KFKI Atomenergia Kutatóintézet (AEKI) Űrdozimetriai Kutatócsoportjának gondozásában.

Az űrhajósok dózisének mérésére leggyakrabban termolumineszcens (TL) dózismérőket használnak. Ennek a legfőbb oka az egyszerűsége, olcsósága, illetve az a tény, hogy csak a kiértékelés során igényel energiát. Ennek a technológiának az egyik úttörője a hazánkban kifejlesztett Pille rendszer (4. ábra), mely napjainkban is a Nemzetközi Űrállomás kiszolgáló rendszerének a része [4]. A TL dózismérők lelke egy termolumineszcens kristály, amely a kozmikus sugárzásból elnyelt energia egy részét eltárolja. A TL kristály melegítés hatására az elnyelt energiát fény formájában bocsátja ki, a kibocsátott fény mennyisége arányos az elnyelt sugárzási energiával, így végső soron a kapott dózissal. A kifűtéskor kibocsátott fény mérésével tehát közvetlenül meghatározható az elnyelt dózis. A módszernek ugyanakkor jelentős hátránya, hogy csak utólagos kiértékelésre nyújt lehetőséget, legtöbbször csak a felszínre történő visszatérést követően. Azonban gyakran előfordulhat, hogy egy űrhajós közel valós időben szeretné tudni a sugárzás dózisének. A TL dózismérő rendszerek csak az elnyelt dózis mérésére alkalmasak; az ionizáló sugárzás sztochasztikus biológiai hatásának



4. ábra A Pille dózismérő. (Kép: AEKI)

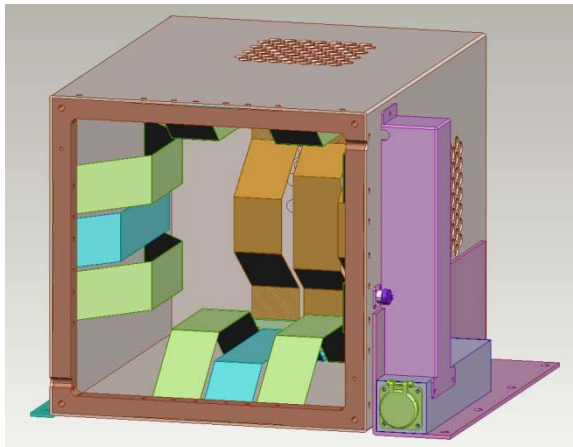
jellemzésére használt egyenérték dózis és effektív dózis meghatározásához ugyanakkor a lineáris energiaátadás (*Linear Energy Transfer, LET*) eloszlás, más néven LET-spektrum ismeretére is szükség van. A töltött részecskék LET értéke adott közegben (például testszövetben, vízben vagy a detektor anyagában) az adott úthosszon lokálisan elnyelt energia és az úthossz hányadosa. A LET-spektrum meghatározása és a valós idejű mérések megvalósítása érdekében kezdődött a TriTel kifejlesztése évekkal ezelőtt az MTA KFKI Atomenergia Kutatóintézetben.

A TriTel háromtengelyű ürdozimetriai tesztet (5. ábra) egy új generációs detektor rendszer képviselője, mely arra lett tervezve, hogy valós időben monitorozza a sugárzási viszonyokat a Nemzetközi Űrállomás fedélzetén [5]. A TriTel lelke a szilícium detektor, melyekből 2-2 darab van elhelyezve egymásra merőlegesen, ezáltal irányérzékeny mérések megvalósítására is lehetőséget biztosítva.

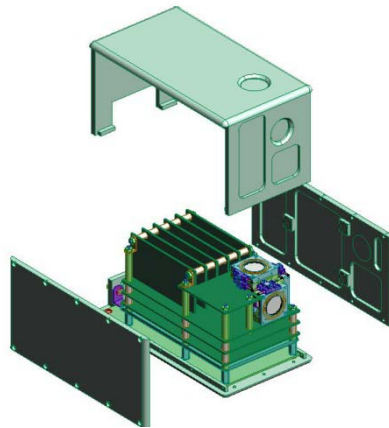
A CoCoRAD kísérletben együttes TriTel és Pille mérések megvalósítását tűztük ki célul, ami egyben fontos technológiai tesztnek is bizonyult, hiszen a TriTel most először végzett méréseket valós, közel űrbeli körülmények között. Mindezek magyarázatot adnak a csapat angol elnevezésére (*Combined TriTel/Pille Cosmic Radiation and Dosimetric Measurements*) is.

A CoCoRAD kísérlet megvalósítása, avagy a „magyar fekete doboz”

A kísérlet megtervezése során a legnagyobb kihívást a BEXUS küldetés rendkívül zord környezeti feltételeinek teljesítése jelentette. A ballon csúcsmagasságában a légkör sűrűsége lényegesen kisebb, mint a felszínen, valamint a sztratoszféra hőmérséklete szélsőséges esetben elérheti a -90°C -ot is. A repülés során akár 25 g-nek megfelelő gyorsulás is felléphet, ami hatalmas erőt jelent a kísérleti dobozunkra nézve. A landolás megközelítőleg 8 m/s sebességgel történik, ami megfelel egy három méter magasságból történő ejtésnek.



6. ábra A külső doboz. (Kép: Csőke Antal)



5. ábra A TriTel. (Kép: AEKI)

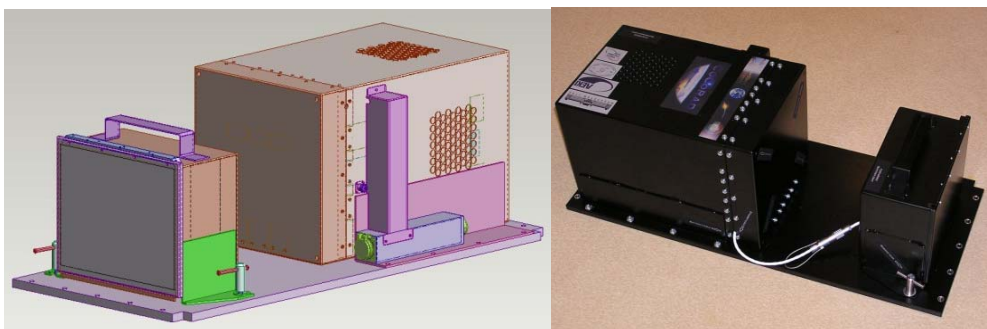
A fejlesztés során olyan koncepcióval álltunk elő, ami képes megóvni a mérőműszereinket a repülés és a landolás során. A nagy gyorsulások csillapítása érdekében a Pille kiolvasó egységek védelmére már korábban kifejlesztett módszerhez nyúltunk vissza. Az ötlet alapja egy olyan külső doboz alkalmazása, amely a mechanikai védelem érdekében minden belső oldalán filccel bevont laprugókat tartalmaz (6. ábra). Ezek a laprugók képesek jelentős mértékben deformálódni, ezáltal elnyelve a doboz belsejében elhelyezett érzékeny műszerek mozgási energiáját. A CoCoRAD kísérlet esetében három laprugót alkalmaz-

tunk oldalanként, melyek közül a középső a többinél erősebbre volt tervezve, mintegy tartaléknak azon esetre, ha akkora gyorsulás lépne fel, amekkora a tervezési alapunkban nem szerepelt.

A külső hőmérsékleti ingadozások kezelése szintén nehézséget okozott, hiszen a TriTel méréseihez biztosítanunk kellett a $+30^{\circ}\text{C}$ és -40°C közötti hőmérsékletet. Ha a detektorok hőmérséklete jelentősen megnövekszik, akkor nagy mértékben romlik a jel-zaj viszony. Az elektronika pedig -40°C -ig van letesztelve, ezen érték alatt nem tudhatjuk, miként viselkednének az egyes áramköri elemek. Egyértelműnek tűnt a számunkra, hogy hőszigetelést kell alkalmaznunk, hiszen a külső fémdoboz gyorsan át fogja venni a környezet igen alacsony hőmérsékletét. Azonban a felállított hőtani modell és a számítások eredményei rámutattak, hogy az összeszerelés során a hangárban, ahol a külső hőmérséklet mintegy $+20^{\circ}\text{C}$ -ra becsülhető, túlmelegedés léphet fel a hőszigetelésben. Ezt mindenképpen el kellett kerülni, hiszen a detektorok a kísérlet indításakor a magas hőmérséklet miatt zajosak lennének, a lehüléshez pedig jelentős időre volna szükségük a hőszigetelés számottevő hőellenállása következtében. A probléma megoldására a hőszigetelésbe bonyolult elrendezésben és mennyiségben lékeket fűrtünk annak érdekében, hogy egy magasabb hőmérsékletű környezetben a túlmelegedést mennél inkább lelassítsuk.

Komoly fejtörést okozott a csapat mérnökei számára az energiaellátás kérdése. A TriTel méréséhez mintegy 3–5 W teljesítményt kellett biztosítanunk megközelítőleg 24 órán keresztül, hogy biztosan legyen elegendő energiánk egy hosszabb küldetés esetére is (számításba kellett vennünk, hogy a felbocsátás akár 3–10 órán át is húzódhat, ahogyan ez a mi esetünkben be is következett). Végül azokra az elemekre esett a választásunk, melyeket az ESRANGE űrbázison is használnak a ballon kommunikációs rendszerének táplálására. Kilenc elemből építettünk egy elemegységet. Minden ilyen egység hőszigetelést, illetve saját termisztort és fűtést kapott annak érdekében, hogy a leadott energiája az optimális érték közelében maradjon a teljes küldetés során.

A sok tervezés és fáradhatatlan munka eredményeképpen összeállt és megépült egy olyan kísérleti koncepció, amely a mi és az ESA szakértők elvárásainak is magasan megfelelt (7. ábra).



7. ábra *A végleges CoCoRAD tervek (balra, kép: Csőke Antal), a kész CoCoRAD kísérlet (jobbra, kép: Apáthy István)*

A történelmi pillanat: felbocsátás az ESRANGE űrbázisról – 2011. szeptember 27.

A kísérlet megépítését követően közel egy hónapon keresztül teszteltük a különböző funkciókat, igyekeztünk előállítani minden lehetséges hibaforrást és javítani a felmerülő problémákat. Az ESA szakértők többször is meglátogattak bennünket, és ellenőrizték a munkánkat. Szeptember elejére elkészültünk minden szükséges teszttel és megkaptuk a zöld utat

az utolsó ESA felülvizsgálat során, így útnak indítottuk a kísérletet Svédországba. Egy héttel később mi magunk is repülőre szálltunk, hogy kiutazzunk az űrbázisra a felbocsátás idejére.

Útban a bázisra lehetőségünk nyílt egy kicsit bejárni Stockholm városát, azonban a szép idő ellenére a felbocsátás izgalma már elvonta a figyelmünket a város szépségeiről. Egy borongós péntek éjjel érkezünk meg az űrbázisra. Másnap reggel pedig kezdődött is az első megbeszélés a bázis személyzetével, melynek során áttekintettük az egy hétre tervezett felbocsátási program minden apró lépését. A tervek szerint két ballont (BEXUS-12 és -13) kellett útnak indítani öt nap alatt. A mi kísérletünk a BEXUS-12 fedélzetén repült, a munkát a hét elején erre a gondolára összpontosították, hiszen az első alkalmas időjárás esetén el akarták indítani.

A hétvégén lehetőséget kaptunk, hogy dolgozzunk a kísérletünkön. Végrehajtottunk egy utolsó teljes funkcionális tesztet, majd pedig kezdődtek is a hivatalos végső tesztek. Összeszereltük a kísérletünket a gondolába, majd a bázis személyzete beépítette a gondola kiszolgáló rendszereit, kommunikációs rendszerét és a teljes kábelezést. Ezt követően a hétfői nap folyamán egy interferencia-teszt következett, amikor bizonyítanunk kellett, hogy a kísérletünk nem zavarja a gondola fedélzeti rendszereit. A tesztek során egy német diákcsoporttal együttműködésben kellett dolgoznunk, hiszen a BEXUS-12 gondolán közösen osztottak a kísérleteink. A németek szélességet, áramlási irányt és külső hőmérsékletet terveztek mérni. Ennek érdekében távtartó szerkezeteket erősítettek a gondolára, hiszen a gondola keltette turbulens zónán kívül szerettek volna mérni. Végeredményben a gondolánk úgy festett, mint valamiféle rovar a csápjaival (8. ábra). Szerencsére az interferencia-tesztek gond nélkül lezajlottak. A gondolat elhelyezték egy lezárt hangárban és nekünk már nem volt szabad módosításokat végrehajtanunk rajta a felbocsátásig.



8. ábra A BEXUS-12 gondola a Herkulesen. (Kép: Litos)



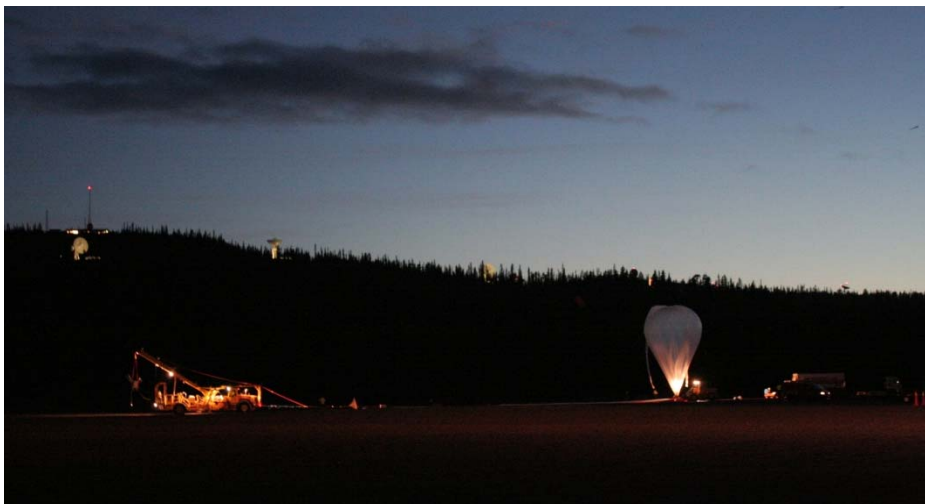
9. ábra A CoCoRAD bekapcsolása. (Középen: Váradi Zsolt, kép: Litos)

Másnap reggel izgatottan ébredtünk, habár szitáló eső és sűrű köd fogadott bennünket, mégis bizakodtunk egy lehetséges indításban. A reggeli megbeszélésen az időjárás-előrejelzés azt jósolta, hogy délre kitisztul az idő, így megszületett a döntés, hogy kezdődjön a három órás visszazámlálás délelőtt tíz órakor. Ennek fényében nekiláttunk a repülés előtti teendőkhöz. Kiolvastuk a Pille dózismérőket, töröltük a TriTel memóriáját, valamint beszereltük a repülésre szánt elemegységünket. Azonban az időjárás nem javult és a visszazámlálást megszakították. Idegörlő várakozás következett.

Jó két óra telt el, mire elállt a szemerkélő eső és elkezdtek az előkészületeket a ballon felállításához. Minden készen állt az indításhoz, mindkét kísérletet bekapcsolták és élt a kommunikáció is a földi irányítással. Mi is kaptuk folyamatosan az adatokat a TriTeltől, miközben kint várakozott az indítópadon. Ekkor azonban megerősödött a szél, így ismét megszakították a visszaszámlálást és kikapcsolták a kísérleteket. Nem merték kockáztatni az indítást ilyen körülmények között. Újabb három óra telt el, miközben vártuk, hogy jobbra forduljon az idő.

Este hat óra felé járhatott az idő, amikor megszületett a döntés, hogy elindítják. Újra bekapcsolták a kísérleteket (9. ábra), elindult a kommunikáció. Ezúttal elkezdtek feltölteni héliummal a ballont, és erről a pontról pedig már nem volt visszaút. A töltés sziszegő hangja az egész környéket betöltötte, miközben a diákok és az ESA szakértők a hangár kapujából figyelték a felbocsátás utolsó lépéseit.

A végső pillanatokban a sziszegés elhalkult, majd nem sokkal később eloldották a rögzítő kapcsolatokat, és a BEXUS-12 gond nélkül útjára indult. A hatalmas ballont a fémhálóban egy darabig követtük szemmel is, míg bele nem veszett az éjszaka sötétjébe. Legnagyobb megnyugvásunkra azonban a kommunikáció hibátlanul működött és folyamatosan kaptuk a TriTellel mért adatokat a ballon fedélzetéről.

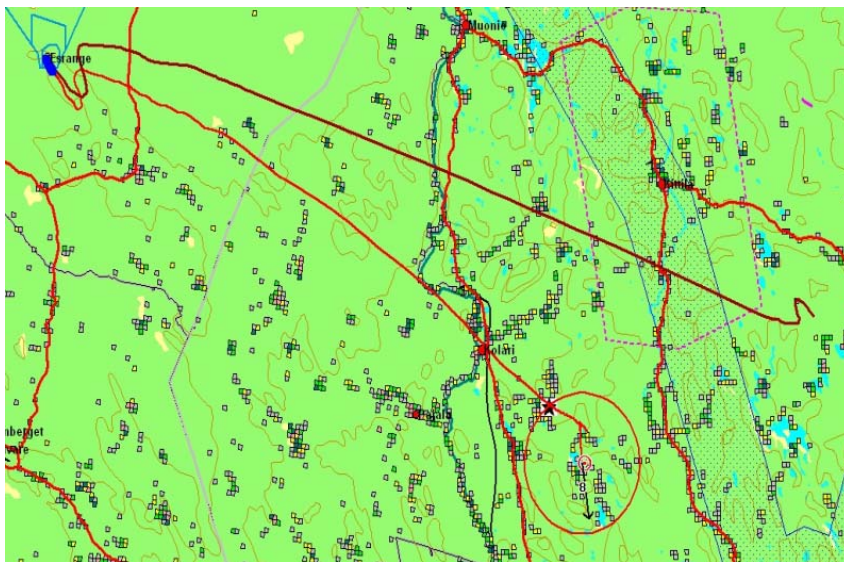


10. ábra A BEXUS-12 felbocsátása. (Kép: Litos)

A teljes repülés időtartama valamivel több mint négy óra volt. Ebből megközelítőleg két órát töltött a ballon 27,6 km-es csúcsmagasságban. A landolásra nem sokkal éjfél után került sor, ekkor mi is elvesztettük a kapcsolatot a kísérletünkkel. Némi izgalmat okozott, hogy a térképen nyomon követve a leszállást, meglehetősen közel került a ballon egy nagyobb tóhoz. Szerencsére azonban a parton a fenyőfák tetejére érkezett a gondola és nem a vízben kötött ki. Három nappal később helikopterrel hozták vissza a bázisra a BEXUS-12 és -13 gondolákat a kísérletekkel együtt. Legnagyobb örömünkre nem találtunk látható sérülést a kísérletünkön, és a megérkezés után is hibátlanul működött a TriTel minden funkciója. A kísérlet teljes sikerrel zárult!

Előzetes eredmények a BEXUS-12 CoCoRAD küldetésből

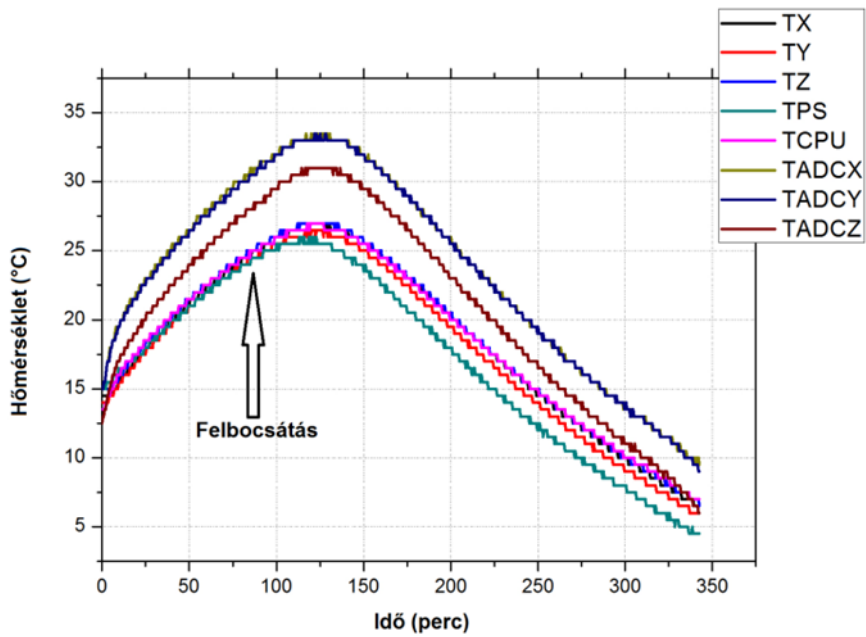
A repülés időtartama 27,6 km magasságban mintegy két óra volt. Ennek jelentősége a Pille mérések esetében van, hiszen az óránként mérhető dózis csupán egy nagyságrenddel haladja meg a Pille kristályok érzékenységi határát. A ballon repülését a 11. ábra szemlélteti, ahol sötétvörös szín jelzi a tervezett, és világosvörös szín a tényleges (délebbre húzódó) repülési trajektóriát.



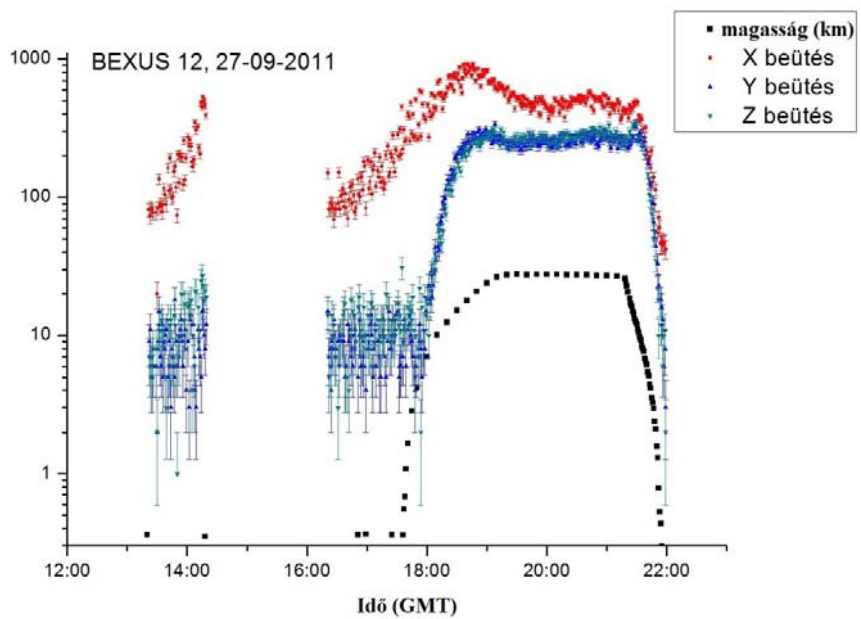
11. ábra A BEXUS-12 repülési trajektória. (Kép: SSC)

A BEXUS-12 repülése során nagy mennyiségű adatot kaptunk a kommunikációs rendszeren keresztül. Minden fél percben érkeztek technológiai adatok (hőmérsékletek, feszültségek, áramerősségek) a TriTel belső érzékelőitől, illetve tíz percenként érkeztek a mért leadottenergia- és időspektrumok.

A 12. ábrán szemléltettük a TriTel belső hőmérsékletmérő szenzorainak az adatait a BEXUS-12 repülése idejére. Az ábrán bejelöltük az indítás pillanatát is. A mért értékek verifikálják a fejlesztés során felállított hőtani modellt, hiszen a hőmérséklet $+30^{\circ}\text{C}$ és -40°C között maradt a teljes küldetés alatt. Az indítópádon történt várakozás során a belső hőmérsékletek emelkedtek, majd pedig az indítást követően – ahogy a külső hőmérséklet csökkent – a belső hőmérsékletek emelkedése megállt és fokozatos csökkenésbe ment át. A további kiértékelések során pontosan össze fogjuk hasonlítani a TriTel belső hőmérsékleteit a ballon saját rendszerei által mért külső hőmérséklet adatokkal.



12. ábra A mért hőmérsékletek



13. ábra A BEXUS-12 repülése során mért időspektrum. (Kép: Dr. Hirn Attila)

A 13. ábrán foglaltuk össze a TriTel által mért összesített időspektrumot a küldetés időtartamára. Láthatjuk a grafikonon, hogy a tényleges felbocsátás előtt egyszer bekapcsoltuk a kísérletet, amit aztán egy kikapcsolás követett a felbocsátás halasztása miatt. Az is kiderül ebből a bekapcsolásból, hogy a pirossal jelzett detektor által mért beütésszámok (X beütés) jelentősen növekednek, míg a többire ez nem jellemző. Ez arra utal, hogy ezen detektorok a hőmérsékletfüggése nem elhanyagolható, amit ki kell majd vizsgálnunk. A repülés során mért adatokon is látható, hogy a piros beütésszámok eltérnek a másik két detektor által mért eredményektől, ez is a detektor nagyobb zajára és hőmérsékletfüggésére utal. A grafikon tanúsága szerint az emelkedés során az elvártan megfelelően növekedtek a beütésszámok, majd pedig 20 km magasság környékén – ahol vártuk – a Pfortzer-maximumot is detektáltuk, erre utal a konstans tartomány előtti kisebb csúcs. Ugyanezen csúcs jelenik meg a leszállás során is, azonban sokkal élesebben, hiszen az ereszkedés lényegesen gyorsabb volt, mint az emelkedés. A további munkánk része lesz a mért leadottenergia-spektrumok kiértékelése. Ezáltal következtetéseket vonhatunk majd le a kozmikus sugárzási környezetre vonatkozólag a BEXUS-12 küldetésre.

A Pille dózismérők által mért teljes elnyelt dózis megközelítőleg 21,8 μGy volt. Ezt az értéket összevetve a referencia dózismérők által mért 6,3 μGy átlagos értékével és a 27,6 km-es magasságban végrehajtott repülés megközelítőleg két órás időtartamával az átlagos dózisteljesítmény mintegy 7,8 $\mu\text{Gy/h}$ volt a BEXUS-12 küldetés során, ami jól egyezik az ebben a magasságtartományban és ezen a földrajzi szélességen várható értékekkel.

Zárszó és köszönetnyilvánítás

A BEXUS-12 CoCoRAD küldetés sikerrel zárult, hiszen első alkalommal vettek részt magyarok ebben a programban és nyerték el az ESA szakértőinek elismerését. A program keretében világszínvonalban is jelentős szakmai képzésen vehettünk részt, ahol rengeteg tapasztalattal és élménnyel lettünk gazdagabbak. A felbocsátás során pedig felbecsülhetetlen értékű adatokhoz jutottunk, melyek alapján a TriTel jövőbeli fejlesztése is új irányt vehet, hogy mire az űrállomás fedélzetére felkerül, már hibátlanul végezhesse feladatát. Reméljük, hogy a példánk lelkesítőleg hat majd a jövő fiatal magyar űrkutatóinak a generációira is, és mind több és több tehetséges kutató fogja öregíteni a hazai űrkutatás hírnevét.

A szerző köszönetét fejezi ki mindazoknak a munkájáért, akik nélkül a CoCoRAD kísérlet nem valósulhatott volna meg. Elsősorban azoknak a hallgatónak, akik a csapat tagjaként munkájukkal hozzájárultak a sikerhez: Váradi Zsoltnak, Goldschmidt Gergelynek és Király Richárdnak. Köszönet illeti Dr. Zagyvai Pétert, aki a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem tanáráként elvállalta, hogy támogató professzora lesz a csapatnak. Külön köszönet illeti Dr. Hirn Attilát, akinek áldozatos segítsége és támogatása folyamatos támasza volt a magyar diákoknak a program során. Köszönet az MTA KFKI Atomenergia Kutatóintézet mindazon munkatársainak, akik időt és fáradságot nem kímélve segítettek munkánkat (Apáthy István, Cseri Sándor, Csikós József, Csőke Antal, Dr. Deme Sándor, Dr. Pázmándi Tamás, Szántó Péter), valamint köszönet Bodnár Lászlónak (BL-Electronics) a TriTel hardver módosításában nyújtott segítségével. Köszönet az Űrvilág szerkesztőségének a folyamatos tudósításokról a CoCoRAD kísérlet kapcsán.

Továbbá a szerző külön köszönetét fejezi ki az ESA szakértőknek és az Oktatási Iroda mindazon munkatársainak, akik a munkájukkal, tanácsaikkal folyamatosan segítettek a CoCoRAD csapatot az előrehaladásban: Adam Lambert, Dr. Alan Owens, Helen Page, Koen Debeule, Mark Fittock, Mark Uitendaal, Martin Siegl, Olle Persson, Paul Stevens.

A BEXUS CoCoRAD kísérlet finanszírozása a 4000103810/11/NL/KML számú PECS szerződés keretében valósul meg.



14. ábra A BEXUS-12 és -13 küldetés diákjai a szervezőkkel. (Kép: ESA)

Irodalomjegyzék

- [1] EuroLaunch: BEXUS User Manual (2010), REXUS User Manual (2010)
- [2] EURADOS, radiation protection 85. In: McAulay I., et al. (eds.): *Exposure of air crew to cosmic radiation*, EURADOS Report 1996-01, Luxembourg, pp. 1–77, 1996
- [3] Schaefer H.J.: Radiation and man in space, *Advances in Space Science*, Vol. 1, pp. 267–339, 1979
- [4] Fehér I., Deme S., Szabó B., Vágvolgyi J., Szabó P.P., Csőke A., Ránky M., Akatov Yu. A.: A new Thermoluminescent Dosimeter System for Space Research, *Advances in Space Research*, Vol. 1, pp. 61–66, 1981
- [5] Pázmándi T., Deme S., Láng E.: Space dosimetry with the application of a 3D silicon detector telescope: response function and inverse algorithm, *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 120, pp. 401–404, 2006

Bolygóközi Internet

Dr. Huszák Árpád

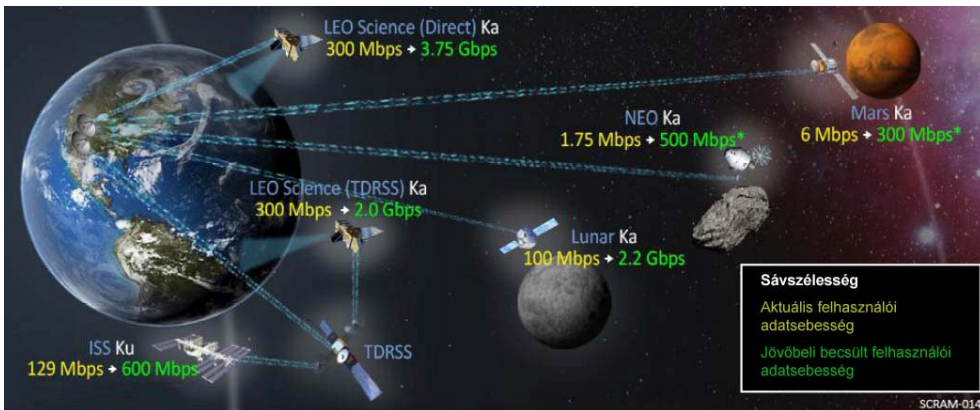
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnikai Tanszék

Az elmúlt években sokat hallhattunk a jövő Internet elképzeléseiről, ahol az emberek, gépek, szenzorok sokasága kommunikál egymással. A sok milliárd eszközt tartalmazó hálózatban jelentősen eltérő körülmények és igények merülhetnek fel, a cél azonban továbbra is változatlan: üzenetet kell eljuttatni egyik eszközről a másikra. A környezettől függően természetesen más és más módszer lehet hatékony, hiszen jelentősen eltérő elvárásokat kell teljesíteni, ha élő beszélgetést, videót vagy adatokat akarunk eljuttatni egy adott eszközre otthonunkból, esetleg a sivatag közepéről, netán a tenger mélyéről vagy egy távoli bolygóról.

A mai távközlő hálózataink még többé-kevésbé függetlenek egymástól, azonban a tendencia jól láthatóan közelít egy közös all-IP (Internet Protokoll) alapú rendszer felé, amit az is mutat, hogy ma már bárki számára elérhető az IP alapú telefonálás (VoIP), IP alapú televíziózás (IPTV), élő videokonferencia-beszélgetés, web böngészés.

Az all-IP koncepció tovább terjeszkedik, így a jövő hálózatainak is az IP alapú csomagtovábbítás lesz az alapja, ami alól az űrkommunikációs sem kivétel. Az űrállomás és egyéb űreszközök között eddig előre egyeztetett időpontban, kiépített csatornán zajlott az adattovábbítás, amit egy teljes szakértői csoportnak kellett felügyelnie és manuálisan irányítani. A Földön használt módszereket természetesen nem lehet alkalmazni az Internet világűrbe történő kiterjesztése során, hiszen jelentősen eltérő környezethez kell alkalmazkodni. Az óriási késleltetések, égitestek takarása, energia-ellátás miatti kimaradások, mágneses és elektromos viharok megakaszthatják a kommunikációt. A hatékony modulációs technikáknak köszönhetően már ma is elfogadható sávszélességgel [1] tudjuk a Föld közelében keringő műholdakról és a Holdról továbbítani az adatokat, azonban az igény folyamatosan növekszik (

15. ábra).



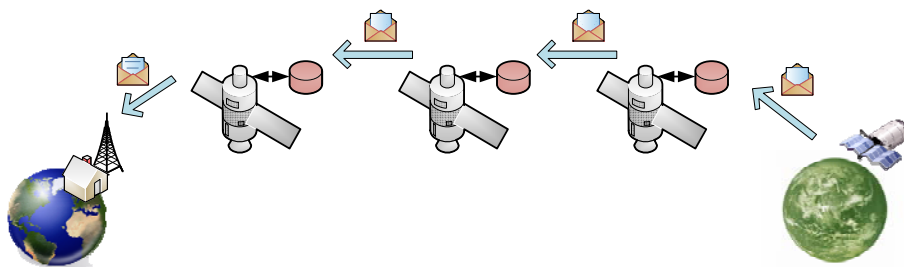
15. ábra Felhasználói sebességek

A mindenki által ismert Internet a TCP/IP szabványrendszert [2] használja, mely egy folyamatosan összekapcsolt hálózatot feltételez, ellentétben a világűrben megvalósítható hálózatokkal. A DTN (*Delay/Disruption-Tolerant Networking*) [3] késleltetés és megszakástűrő hálózati architektúra heterogén hálózatok közötti kommunikációt képes kezelni, akkor is, ha a folyamatos összeköttetés nem biztosított. A DTN a TCP/IP továbbfejlesztett

változata, amelynek lényege, hogy nem feltételezi folyamatos kommunikációs csatorna meglétét a hálózati csomópontok között.

Az eredeti TCP/IP protokollrendszert azért kellett továbbfejleszteni, mert az elküldött adat sikertelen továbbítása esetén a küldő és fogadó számítógép kapcsolatban marad, és a küldő addig próbálkozik az újraküldéssel [4], amíg az információ minden eleme célba nem ér. Óriási távolságok, késleltetések és gyakori megszakadások esetén ez a módszer nem hatékony, hiszen az adatsomagot csak akkor lehet továbbítani, ha él a teljes kapcsolat a küldő és a vevő között. Könnyű elképzelni, hogy egy távoli bolygón lévő szonda adatai több lépésben, üresközről üresközre haladva jutnak el a vevőig, melyek között a kapcsolat nem lehet folyamatos a takarások és egyéb, a világűrben tapasztalható körülmények miatt. Érdemes tehát az adatokat láncszerűen továbbítani és minden csomópontban tárolni, mindaddig, amíg nem bizonyosodunk meg a sikeres továbbküldésről. Gyakori hibákra, megszakadásokra azonban nem csak a világűrben számíthatunk, hanem a Földön is, gondoljunk például a szenzorhálózatok szűkös energiaforrásaira vagy a járműhálózatok véletlenszerű mozgására.

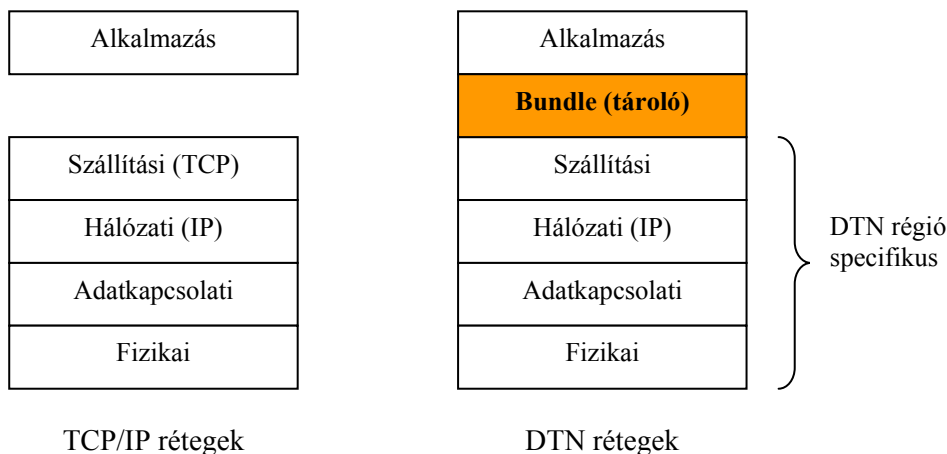
A DTN működését legjobban a „tárol és továbbít” elv írja le. A hagyományos TCP/IP működéssel ellentétben, ha a célútvonal nem található, az adatsomagok nem kerülnek eldobásra. A csomagokat az egyes hálózati csomópontok megőrzik, amíg nem tudnak biztonságosan kommunikálni a következő eszközzel, mely az adat továbbításában vesz részt.



16. ábra Tárol és továbbít elv

A közvetítő csomópont nem mindig tudhatja, hogy mikor lesz lehetősége az adatokat továbbküldeni, így akár hosszabb ideig is kénytelen azokat megőrizni. A tárolásra akkor is szükség lehet, ha jelentősen nagy eltérés mutatkozik a küldési és fogadási sebesség között, hiszen a beérkező adatok feltorlódnak a hálózati eszközben. Az alacsony küldési sebesség oka az is lehet, hogy a küldéshez sok energia kell, ha nagy távolságra kell továbbítani az adatokat, ami egy üresköz szűkös energiaforrásai miatt nehézséget okozhat. A feltorlódtat adatot tárolni kell, amíg az adatsomagokat nem sikerül mind továbbítani és a nyugtázási válasz meg nem érkezik. Az űrkommunikációban jelentős megszakadások és szünetek jelentkezhetnek, ami a néhány perces tárolástól akár a több évig történő adatmegőrzésig terjedhet. Hosszú idejű és nagy adatmennyiségek tárolására akár merevlemezeket is használhatunk, hiszen azok energiaellátás nélkül is képesek megőrizni az adatokat.

A hagyományos TCP/IP nem tudja kezelni a hosszú megszakadásokat, ezért a DTN hálózati architektúra egy kiegészítő tároló funkcióval látta el a hagyományos TCP/IP rétegmodellt. A mai Internet megszületésekor, az 1970-as években definiálták a hálózati rétegeket [5], annak érdekében, hogy elkülönítsék és függetlenné tegyék a különböző hálózati feladatokat, funkciókat. Az új, tároló funkciókat megvalósító réteg (*bundle*) minden hálózati kilépőpontnál megjelenik, hogy kapcsként szolgálhasson a különböző hálózatok között. A bundle réteg képes elfedni az alsóbb rétegeket, így lehetőséget teremtve arra, hogy eltérő protokollokat használjunk egy-egy hálózatban (DTN régió). E eltérően működő kódolásra, modulációra, szállítási rétegbeli protokollra, stb. van szükség a vezeték ethernet hálózatban [6], egy mobil 3G hálózatban [7] vagy a világűrben.



17. ábra TCP/IP és DTN rétegstruktúra

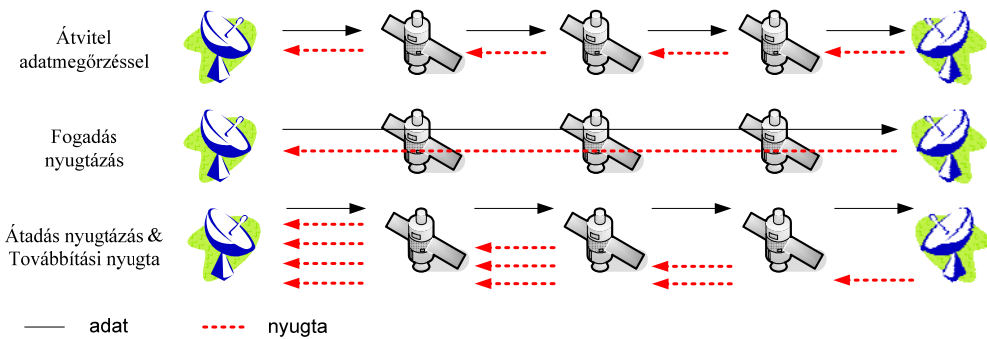
A DTN hálózatban három csomóponttípust különböztetünk meg: *host*, *router*, *gateway*. A *host* fogadja vagy küldi az adatokat, de nem továbbítja azokat. A *router* a régióon belüli adattovábbításért felelős. A csomagokat a továbbküldés után nem kötelező tárolnia, de ha a régió jellemzői miatt szükség van tárolásra, akkor képes ezt megtenni. A *gateway* a régiók közötti átjárásért felelős, ezért itt szükség van tárolásra és szükség esetén protokollfordításra vagy átcsomagolásra is.

A hagyományos TCP/IP hálózatokban a sikeres vételt nyugták jelzik. Ha egy csomagra az időzítő lejártáig nem érkezik nyugta, akkor az elveszettnek tekintendő és újra kell küldeni. Az adatok a két végpont közötti teljes útvonalon megszakítás nélkül, azonnal végighaladnak, ezért végpont–végpont kommunikációról beszélhetünk. DTN esetén a *router* és *gateway* eszközök felfüggesztik a szállítási réteg protokolljait. Azzal, hogy ál-végpontként szerepelnek a kommunikációban, a végpont–végpont kapcsolat is megszakad. A nyugtázás minden eszköztől eszközig történő adatátadásnál megtörténik, így csomagvesztés esetén csak az adott szakaszon lehet szükség újraküldésre, nem pedig a teljes útvonalon. A hibamentes végpont–végpont adatátvitelért a szállítási réteg (pl. TCP – *Transmission Control Protocol* [4]) a felelős, a bundle réteg bevezetésével azonban a megbízhatóságért ez a réteg is felel. A hibamentes átvitelt a DTN-ben is nyugtákkal és újraküldéssel biztosítják. Hasonlóan a TCP-hez, ha nem érkezik nyugta, akkor újraküldésre kerül sor. Az eltérés a nyugtázási mechanizmusban és az újraküldési időzítő kezelésében van. Az időzítő értékét pl. a routing üzenetekhez csatolva terjesztik a hálózatban, vagy a küldő számolja ki a korábbi tapasztalatai alapján.

A DTN bundle rétege a következő szolgáltatásokat nyújtja:

- Átvitel adatmegőrzéssel (*Custody transfer*)
Az adatsomag következő eszköznek való átadása előtt a küldő egy üzenetben nyugta küldésére kéri a vevőt, hogy megbizonyosodjon a csatorna működéséről. Ha a beállított időzítő lejár, a kérést megismétli. A továbbküldés során a továbbító eszköz tárolja az adatokat a nyugta megérkezéséig és csomagvesztés esetén újraküldi.
- Fogadás nyugtázás (*Return receipt*)
Az üzenet címzettje nyugtát küld az adat eredeti küldőjének, amikor az adat megérkezett.
- Átadás nyugtázás (*Custody transfer notification*)
Az eszköz, amely vette a továbbküldendő csomagokat, visszaigazolja a vételt az eredeti küldőnek.

- Továbbítási nyugta (*Bundle Forwarding notification*)
A csomópont, amely továbbította a csomagokat, nyugtát küld a sikeres továbbításról az eredeti küldőnek.
- Prioritás (*Priority of delivery*)
 - *Bulk* (alacsony prioritás)
 - *Normal*
 - *Expedited* (sürgösségi)
- Hitelesítés (*Authentication*)
Módszer a küldő azonosítására és a csomag hitelességének vizsgálatára.

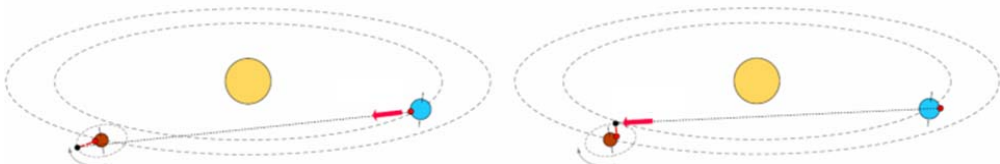


18. ábra DTN adattovábbítás és nyugtázás

Rendkívül nagy kihívást jelent DTN hálózatokban az útvonal kijelölése, vagyis hogy az adatsomagok milyen útvonalon érhetik el leggyorsabban a fogadó eszközt. Az útvonalválasztás (*routing*) nehézségét az adja, hogy az eszközök közötti kapcsolat folyamatosan változik, emiatt előfordulhat, hogy az elküldött adatsomagok pl. „zsákutcába” kerülnek és nem tudják elérni céljukat. Számos kérdésre kell választ adni egy küldő, illetve továbbító hálózati eszköznek. Mikor küldhet? Hova továbbítson? Mely csomagokat továbbítsa? Mely csomag törölhető?

Klasszikus esetben az útvonal kijelölésre kerül, majd az adatok csupán ezután kerülnek a hálózatba. DTN esetén ez nem működik, hiszen egy adott pillanatban nem biztos, hogy létezik út a küldő és vevő között. Az útvonalválasztó algoritmusok így csak valószínűségekkel számolhatnak a lehetséges útvonalak közül való választáskor. DTN esetén annak a lehetőségnek a valószínűségét vizsgáljuk, mely létrejöhet a küldő és a fogadó között. Bolygóközi kommunikáció esetén szerencsére az égitestek pályája kiszámolható, így a várható kimaradások is többé-kevésbé jósolhatók. Érdekes lehetőséget mutat az

19. ábra, ahol a küldés pillanatában még nem jött létre a kapcsolat, azonban a nagy késleltetések miatt az adatsomag megérkezésekor a vevő már képes fogadni a számára küldött adatokat.



19. ábra Adatküldés rálátás nélkül

Az útvonalválasztó protokollokat két nagy csoportba sorolhatjuk: továbbítás alapú és többszörözés alapú. A továbbítás alapú módszereknél egy adott adatsomagból csupán egy van jelen a hálózatban és az lépésről lépésre közelít a vevő felé. A módszer előnye, hogy nincs erőforrás-pazarlás, nem kallódnak csomagok a vétel után, nincs szükség adminisztratív üzenetekre, hogy a hálózat elemei töröljék a számukra érdektelen csomagokat. Hátránya viszont, hogy lassú lehet. Optimális útvonalválasztás nem várható el, hiszen nem tudhatjuk, hogyan változik a hálózat topológiája. A másik lehetőség a többszörözés alapú adattovábbítás, ahol egy adott hálózati eszköz több irányba is elküldi ugyanazt az adatsomagot, melyek közül valamelyik csak odatalál a vevőhöz. A többszörözés alapú technikával nagyobb sebesség érhető el, azonban jelentős erőforrásigény adódik a csomagok feldolgozása, kezelése, illetve a nagyobb fogyasztás miatt. Az elárasztásos módszerek ráadásul sokszor nem skálázhatók.

A jövő bolygóközi hálózataiban is szükség van az eszközök címezésére, amire a mai Internetben az IP cím hivatott. Az új címezési módszerre az IPN (*InterPlanetary Network*) csoport [8] javaslata a következő hierarchiát ajánlja (20. ábra).



20. ábra Címzési hierarchia

A késleltetés- és megszakadástartó (DTN) hálózatok gyakorlati vizsgálata is megkezdődött már. A DTN hálózati architektúra részben világűrbeli első, valós körülmények között végzett tesztjében [9] egy valós üresközettel és több szimulált csomóponttal történt a technológia vizsgálata. A tesztben tíz állomás alkotta a bolygóközi Internet hálózatot. A valós eszköz egy űrszonda volt, míg a másik kilenc eszközt (leszállóegységeket, bolygó körüli pályán keringő egységeket és felszíni küldetések műveleti központjait) a NASA Jet Propulsion laboratóriumában lévő számítógépek szimulálták. A NASA abban bíz, hogy a DTN-t számos küldetésben fel tudja használni, és egy jövőbeni Mars-expedíció kommunikációs alapjait is ez képezheti majd.

Japán kutatók [10] a Mars majdani új telepeseinek a földi Internethez való kapcsolódását vizsgálták. A Föld–Mars távolság 0,36–2,5 AU között változik (*Astronomical Unit*, csillagászati egység; 1 AU = 8,33 fényperc), emiatt a kommunikáció oda-vissza irányú késleltetése 6–42 perc lehet. Természetesen ez az érték nem elfogadható a Mars jövőbeni lakói számára, ezért a kutatók az Internet 2050-beli becslült adatmennyiségének tükrözését vizsgálták meg, mint lehetséges megoldást. Becslések szerint 1,47 Yottabyte ($1,47 \cdot 10^{24}$ byte) átvitelét kellene megoldania a Földről a Marsra, amit ha egy év alatt szeretnénk megtenni, akkor is 30,1 TBps sebességgel kellene továbbítani az adatokat. Ez az érték 2050-ben is valószínűleg elérhetetlen lesz, ezért csak az „alap” Internet adathalmazát (keresők által elérhető tartalom) tükröznék a Marsra. A multimédiás tartalmak így nem kerülnének tárolásra a Marson, csupán a szöveges, vagy egyéb karakteres adatbázisok. Az „alap” Internet 2050-ben már egy év alatt, csupán 8 Gbps sebességgel átvihető lehetne. A módszerrel a Marson egy Internet-másolat jönne létre, melyet folyamatosan szinkronban kell tartani a földi Internettel.

A bolygóközi hálózat megteremtése rengeteg feladatot és kihívást szolgáltat a kutatók számára. Valószínűleg számos olyan probléma is felvetődik majd, melynek létezéséről ma még nem is tudunk. Az úton azonban elindultunk, az első lépések megtörténtek a világháló bolygóközi térbe való kiterjesztésére.

Irodalomjegyzék

- [1] T. McIntyre: Space Communication Rates At Multi-Gbps, L-3 Communication Systems – West, October 28, 2011
- [2] W.R. Stevens: *TCP/IP Illustrated*, Volume 1: The Protocols, Addison-Wesley (ISBN 0-201-63346-9), 1994
- [3] V. Cerf et al.: Delay-Tolerant Network Architecture, IETF RFC 4838, informational, April 2007
- [4] J. Postel: Transmission Control Protocol – DARPA Internet Program Protocol Specification, RFC 793, September 1981
- [5] M. A. Padlipsky: A Perspective on the Arpanet Reference Model, RFC 871, September 1982
- [6] IEEE 802.3-2008 IEEE Standard for Information Technology
- [7] H. Holma, A. Toskala: *WCDMA for UMTS*, Wiley (ISBN 978-0-471-72051-5), 2007
- [8] InterPlanetary Internet Special Interest Group, <http://www.ipnsig.org>
- [9] NASA Successfully Tests First Deep Space Internet, *NASA Press Release 08-298*, November 2008 (http://www.nasa.gov/home/hqnews/2008/nov/HQ_08-298_Deep_space_internet.html)
- [10] T. Iida, Y. Arimoto, Y. Suzuki: Earth-Mars communication system for future Mars human community: A story of high speed needs beyond explorations. *IEEE Aerospace and Electronics Systems Magazine*, Vol. 26(2), pp. 19–25, 2011

Kvantum alapú kommunikáció műholdas csatornában

Galambos Máté¹, Kiss András², Bacsárdi László^{2,1}

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnikai Tanszék

² Nyugat-magyarországi Egyetem, Informatikai és Gazdasági Intézet

Az űrkorszak hajnalán rádiójeleket használtak a műholdas kommunikációban, és napjainkban is ez az elterjedtebb technológia. Ugyanakkor egyre több helyen találkozhatunk a lézer alapú kommunikációval is, a lézerimpulzusok segítségével pedig a megszokott információ mellett kvantum biteket is átvihetünk. A következő fejezetben ismertetjük a műholdas kvantumcsatorna legfontosabb tulajdonságait, és bemutatjuk az általunk készített szimulációs programot.

A lézerkommunikáció tulajdonságai és előnyei

Napjainkban űrtávközlési célok megvalósításához többnyire rádiókommunikációt alkalmaznak. A lézer alapú kommunikáció kevesebb mint 20 éve jelent meg, de több szempontból is előnyösebb technológiát jelenthet a hagyományos rádióhullámokkal történő megvalósításokkal szemben. Az első sikeres mélyűri lézerkommunikációs kapcsolat létesítése 1992-re tehető, amelynek keretében a Földtől 6 millió kilométerre lévő Galileo-űrszonda képes volt érzékelni a küldött lézernyalábot. Itt egy egyirányú csatornáról volt szó, az űrszonda csak fogadó szerepet töltött be [1]. A kommunikációs csatorna hosszával felállított rekordot 2006-ban sikerült megjavítani [2]. A 24 millió kilométerre lévő MESSENGER űrszondával létesített Föld-űr illetve űr-Föld kapcsolat során az űrszonda érzékelte a küldött lézernyalábot, amelyre válaszolt a földi állomásnak.

A lézeres kommunikáció legnagyobb előnye a mikrohullámúval szemben, hogy az időegységenkénti adatátvitel legalább tízszerese a hagyományos rádiós kapcsolatnak, de ez az arány akár az ezerszeres értéket is elérheti. Jelenleg a Föld-Mars kapcsolat adatátviteli sebessége kb. 128 kbps [3], a 2010-re tervezett Föld-Mars lézerkommunikációs kapcsolat 1–30 Mbps adatátviteli sebességgel működött volna, a két bolygó közötti távolságtól függően. A projekt végül gazdasági problémák miatt nem valósult meg [4].

A lézerkommunikáció legnagyobb nehézsége, hogy a küldött nagyon precízen kell pozicionálni a fogadó felé, főleg ha több millió kilométeres csatornahosszról van szó. Ugyanakkor ez a tulajdonság lehetővé teszi, hogy a lézereket igen pontos távolságmérésre használjuk.

Azt, hogy mennyire befolyásolják a Föld-űr vagy űr-Föld csatornában a Föld légkörének különböző hatásai a fogadó által észlelhető jeleket, egy 2008-as kísérlet vizsgálta. Itt a német TerraSAR-X műhold és az amerikai NFIRE műhold között valósult meg a hibátlan adatátvitel, több mint 5000 kilométeres csatornahosszon. A csatorna sáv szélessége közel százszorosa (!) volt a hagyományos rádiós összeköttetés sáv szélességének, ami nagyjából 4 Gbps sebességet jelent [5].

A fentiek kísérleti eredmények voltak, amelyek azt támasztják alá, hogy a lézeres kommunikációt érdemes a nagy távolságok áthidalásában felhasználni. Azonban ha a jeleket annyira legyengítjük, hogy csak egy-két fotont tartalmazzon minden egyes lézerimpulzus, akkor a kommunikációnak egészen újfajta tulajdonságai lesznek, adott esetben olyanok is, amiket a hagyományos, klasszikus módszerekkel nem lehet megvalósítani. Az ilyen kommunikációt *kvantumkommunikációnak* nevezzük [6], és a következőkben elsősorban erre koncentrálnak alacsony Föld körüli (LEO) pályán keringő műholdakkal kialakított Föld-űr és űr-Föld csatornák esetén.

Kvantumkommunikáció

A kvantummechanikai posztulátumokon és összefüggéseken alapuló információ-tárolást és feldolgozást összefoglaló néven *kvantuminformatikának* nevezzük [7]. Amerikában, Angliában, Ausztriában, Ausztráliában, Franciaországban, Németországban, Olaszországban és még sok más országban foglalkoznak kvantuminformatikai kutatással. Magyarországon többek között a Szegedi Tudományegyetemen, az MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézetben és a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem több karán és tanszékén folyik ilyen irányú kutatás. A kvantuminformatika és az űrtávközlés kapcsolatának vizsgálatával, valamint redundanciamentes kvantumcsatorna elméleti leírásával a BME Híradástechnikai Tanszékén foglalkoznak [8] [9].

Habár David Deutsch már 1985-ben bemutatta a kvantumszámítógép elméleti tervét, és azóta jelentős előrelépéseket tettünk a megvalósítás felé, a mai napig nem sikerült még teljes egészében megépíteni. Azonban egy másik terület, a kvantumkommunikáció, vagyis a kvantumbiteken alapuló adatátvitel, ahol jóval egyszerűbb műveletekre van szükség, ugrásszerű fejlődést mutat. Az informatika új ágának alapkövéül szolgáló kvantumbitek (röviden qubit vagy qbit) megvalósításához itt elsősorban fotonokat használnak.

Optikai kábeleekben a foton fázisát, szabadtéri kommunikációban inkább a foton polarizációját szokás a 0 és 1 bitértékek megjelenítésére felhasználni. Az úgynevezett „No Cloning” tétel értelmében ismeretlen tartalmú kvantuminformációt nem lehet lemásolni anélkül, hogy meg ne zavarjunk [10], ami a kvantummechanikán alapuló titkosításban segíthet: mivel ezeket a zavarokat ki lehet mutatni, felismerhető, ha valaki megpróbálja lehallgatni a kvantumcsatornán küldött üzenetet.

A jelenlegi technológia mellett a kvantumcsatornán általában nem közvetlenül a titkosított üzenetet továbbítják, hanem egy véletlenszerű kulcsot, melyet „one-time pad”-nek szokás nevezni. A one-time pad [11], vagyis egyszer használatos titkosító kulcs segítségével a későbbiekben bármilyen üzenet titkosítható és dekódolható. Azokat a kvantumkriptográfiai eljárásokat, melyek célja ilyen kulcsok biztonságos továbbítása, kvantumkulcs-szétosztásnak szokás nevezni.

Az első szabadtéri kvantumkulcs-szétosztással 1991-ben találkozhattunk, ekkor sikerült ezt először egy 30 cm-es szakaszon megvalósítani [12]. 2006-ban egy nemzetközi kutatócsoport 144 km-es távolságon valósította meg mindezt [13]. Ez azért jelentős eredmény, mert a légkör lézeres kommunikáció szempontjából számottevő rétege csupán 20–25 km vastag, a világűrben pedig a veszteségek jóval kisebbek, így lehetőség nyílt Föld–űr, illetve űr–űr kvantumkommunikációra is. 2008-ban az Európai Űrügynökség (ESA) a következő öt év egyik legfontosabb áttörésének jelölte meg a kvantum alapú űrkommunikáció sikeres gyakorlati megvalósítását [14].

Kvantumcsatorna-modell a műholdas kommunikáció modellezésére

Mivel a kvantumkriptográfiai eljárásokat jelenleg fotonok segítségével valósítják meg, szükség van a légkör optikai tulajdonságainak pontos ismeretére. Megvizsgáltuk az irodalomban fellelhető, klasszikus fénysugarak gyengülésével kapcsolatos modelleket és ezeket átdolgoztuk úgy, hogy egyetlen, vagy néhány foton viselkedésének leírására alkalmasak legyenek, és így modellezhetővé váljon a kommunikáció folyamata.

A modellben figyelembe vettük a ma létező egyfoton források tulajdonságait és teljesítőképességét, a légkör gázai által okozott veszteségeket, illetve a por és pára járulékait. Megvizsgáltuk a légkör turbulenciáinak hatását a kvantumkommunikációra, számoltunk a detektorok véges méretével, és a diffrakcióból eredő fókuszálási hibákkal. Továbbá számoltunk a veszteségeken túl a légkör egyéb módosító hatásaival is, megvizsgáltuk a műholdas kommunikáció során a kapcsolat fenntartásakor jelentkező úgynevezett célzási hibákat. A

jelenleg létező detektorok jellemzőinek ismeretében a zajra vonatkozó számolásaink, és az irodalmi adatokon alapuló becsléseink alapján megvizsgáltuk a detektálás hatásfokát, végül pedig mindezek alapján számolásokat végeztünk arra vonatkozóan, hogy milyen paraméterek mellett valósítható meg egy ilyen kvantumcsatorna.

A szabadtéri kvantumcsatornák általában jól megőrzik a polarizációt, ugyanakkor az optikai veszteségek miatt a jel gyengülésére számíthatunk. Kvantumkommunikáció esetén, amikor a jel egyetlen fotonból áll, a gyengülést úgy kell érteni, hogy a küldött fotonoknak csak egy bizonyos százaléka érkezik meg a detektorba. Űr–űr kommunikáció esetén a veszteségeket a célzás hibája, és a diffrakcióból eredő hibák eredményezik. Föld–űr és űr–Föld csatornák során ehhez járulnak a légkör optikai turbulenciáiból, illetve a molekuláris és aeroszolos szórásból és abszorpcióból adódó veszteségek.

Fontos megjegyezni, hogy mivel a légkör nem homogén közeg, a Föld–űr és űr–Föld csatornák tulajdonságai eltérnek egymástól. Ez azért van, mert földi adóállomás esetén a turbulenciák okozta kis szögeltérésekre az optikai út első szakaszán számíthatunk, ami nagyobb célzási hibát okoz, mint ha a műhold játssza az adóállomás szerepét. Ekkor ugyanez a szögeltérés az optikai út végső szakaszán következik be, és egyszerű trigonometriával belátható, hogy ez egy rövidebb úton alig okoz térbeli eltérést.

A jelenlegi egyfoton források gyengített lézerpulzusokat használnak, melyekben elméletileg csak egyetlen foton van jelen. A gyakorlatban a gyengítést általában olyan nagyra választják, hogy a lézer bizonyos elsütéseikor egyáltalán nem jut ki fény a berendezésből. Ez lassítja ugyan a kommunikációt, de biztosítja azt, hogy egynél több foton semmiképpen ne hagyhassa el a berendezést, ami lehetőséget adna rá, hogy egy harmadik fél észrevétlenül lehallgassa az üzenetet, a főlösleges fotonokat felhasználva.

A klasszikus egyenletek fényintenzitását a kvantumos képben a fotonok száma váltja fel, és mivel nem tudjuk, a nyaláb melyik fotonjáról lesz szó, a teljes nyalábterjedésre vonatkozó egyenletet meg kell vizsgálnunk, a végeredmény intenzitás-eloszlása pedig a fotonokra vonatkozó statisztikai eloszlásként értelmezhető. A lézernyalábokat általában Gauss-eloszlású fénynyalábokként szokás közelíteni, így mi is ezt a módszert alkalmazzuk.

Űr–űr kommunikáció esetén a nyaláb ρ félértékszélessége az adó D_A apertúra-átmérőjének, az L csatornahossznak és a lézer k hullámszámának függvényében:

$$\rho = \sqrt{\frac{4L^2}{k^2 D_A^2} + \frac{D_A^2}{4}}$$

Ez légkörben a következőképpen módosul [15]:

$$\rho = \sqrt{\frac{4L^2}{k^2 D_A^2} + \frac{D_A^2}{4} + \frac{4L^2}{(k \cdot \rho_0)^2} \left(1 - 0.62 \left(\frac{\rho_0}{D_A} \right)^{1/3} \right)^{6/5}}$$

ahol [15]:

$$\rho_0 = \left[1.46k^2 \int_{L_1}^{L_2} C_n^2(z) \left(1 - \frac{z}{L} \right)^{5/3} dz \right]^{-3/5}$$

Végül pedig a C_n^2 turbulencia-erősség a Hufnagel–Valley 5/7 modellből számolható:

$$C_n^2 = 0.00594 \cdot \left(\frac{W}{27}\right)^2 (h \cdot 10^{-5})^0 \exp\left(-\frac{h}{1000}\right) + 2.7 \cdot 10^{-16} \cdot \exp\left(-\frac{h}{1500}\right) + A \cdot \exp\left(-\frac{h}{100}\right)$$

ahol h a tengerszint feletti magasság, W 21 m/s, A pedig $1,7 \cdot 10^{-14} \text{ m}^{-2/3}$ [16].

A légköri veszteségeket a következő képlettel vehetjük figyelembe. A célzás hibáját a következő valószínűségi eloszlással vehetjük figyelembe [17]:

$$f(r, \theta) = \frac{1}{2\pi\sigma_{C\acute{E}L}^2} \cdot \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_{C\acute{E}L}^2}\right)$$

ahol r és θ a detektor síkjában a nyaláb középpontjától vett távolság polárkoordinátákban, $\sigma_{C\acute{E}L}$ pedig a célzási hiba. A fotonok beérkezésének teljes félértékességére:

$$\sigma_{SPREAD}^2 = \rho^2 + \sigma_{POINT}^2$$

amiből a τ_{DET} transzmittancia, mely megadja, hogy hány százaléka érkezik meg a fotonoknak egy R_B sugarú, kör alakú detektorba:

$$\tau_{DET} = 1 - \exp\left(-\frac{R_B^2}{2\sigma^2}\right)$$

Ehhez további veszteségek járulnak a légkör, illetve levegőben lebegő por és pára fényszóró és elnyelő tulajdonságai miatt, melyeket az s és a szórási és abszorpciós koefficienseken keresztül értelmezhetünk [18]:

$$\tau_{AIR} = \exp\left(-\sum_i (s_i + a_i) \cdot \Delta L_i\right)$$

A teljes transzmittancia a kettő szorzataként adódik:

$$\tau = \tau_{AIR} \cdot \tau_{DET}$$

A transzmittancia rendkívül fontos paramétere a csatornának, melyen keresztül számíthatjuk az úgynevezett kvantum hibaráta (*Quantum Bit Error Rate*, QBER) [19]:

$$QBER = p_{pol} + \frac{P_{dark} \cdot n}{\tau \cdot \eta \cdot 2 \cdot \mu}$$

ahol p_{pol} a polarizációmérés hibája, p_{dark} a hibásan regisztrált beütések gyakorisága, n a detektorok száma, η a lézerpulzusokban az átlagos fotonszám, μ pedig a detektorok hatásfoka. Amennyiben a QBER 0,11 fölé emelkedik, a kommunikáció többé nem biztonságos, mivel

nem lehet eldönteni, hogy a keletkező hibákat egy harmadik fél okozza-e, vagy a csatorna természetes zajáról van szó.

A másik igen fontos fogalom a bitráta [19], mely megadja, hogy másodpercenként hány bitnyi kulcs továbbítható a kvantumcsatornán:

$$R = \frac{1}{2} \cdot f_{LÉZER} \cdot \mu \cdot \tau \cdot \eta$$

ahol $f_{LÉZER}$ a lézer elsütésének frekvenciája. A fentiek alapján készítettük el a csatornamodel-lünket.

Műholdas kvantumkommunikáció szimulációja

A kvantumcsatorna fizikai jellemzőinek számítását a *Quantum Satellite Communication Simulator* nevű, C# nyelven készült, .Net 4.0 keretrendszeren működő alkalmazás végzi. A fejlesztés alatt fontos szempontnak tartottuk az animációk grafikai megjelenítését, amihez az OpenTK könyvtárat használtuk fel [20]. A program öt különböző üzemmódban működik. Minden scenárió működésének célja a kvantumkommunikáció lényeges jellemzőjének, a QBER értékének meghatározása különböző használati eseteken keresztül. A fejlesztett program felépítése KISS (*Keep It Simple and Straightforward*) elv alkalmazásával történt [21]. Jelenleg a BB84, B92, S09 kvantumprotokollok QBER értékeit tudja meghatározni a program.

A *számítás állandó paraméterekkel* üzemmódban a bemeneti paraméterek a következők: Alice apertúra átmérője, zenitszög, hullámhossz, célzási szöghiba, Bob tükörátmérője, csatornahossz, szélesség, éghajlat (mérsékelt, trópusi), időjárás (tisza, ködös), évszak (nyár, tél), polarizációmérés hibájának valószínűsége, Bob detektorának határfoka, fotonok átlagos száma lézerimpulzusonként, detektorok száma, detektor zaja, külső háttérzaj, teljes zaj. A számítás eredményeként a QBER érték a következő részeredmények által kerül meghatározásra: statikus veszteségek, koherenciahossz, légköri nyalábszélesedés, célzás hibája, dinamikus veszteségek.

Ebben a scenárióban a felhasználó döntheti el, hogy melyik csatornatípust használja Föld-űr, űr-űr és űr-Föld közül; beállíthatja az input paraméterek értékeit és a szoftver előállítja az eredményt. Ez ajánlott az egyszerű és gyors számításokhoz.

A *számítás változó paraméterekkel* scenárió egy részletes elemzést hajt végre a különböző protokollok QBER képletein. Futás ideje alatt minden képletben minden változó felvehet különböző értékeket. A számítás megkezdéséhez minden paraméterhez meg kell adni az értékváltozás intervallumát és léptetésének mértékét.

Nagy intervallummal és kis lépésközökkel történő számítás esetén a végrehajtás hosszú ideig tarthat. Ez a scenárió akkor hasznos, ha sok paraméter vizsgálata szükséges, amelyek viszonylag alacsony QBER értékeket eredményeznek.

Az *érzékenységvizsgálat* scenárió elgondolásában hasonlít az előzőhöz, viszont az alábbi területeken végezhetünk vele számos vizsgálatot: nyalábszélesedés vákuumban, dinamikus veszteségek, teljes szórás, turbulencia-erősség, QBER.

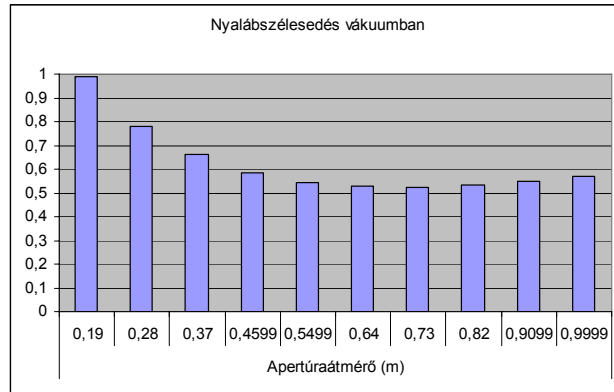
Az *idővezérelt kommunikáció* scenárió az előzőektől különböző jellegű. Ez a mód megmutatja a felhasználónak, hogyan működne a lézerkommunikáció valós földi pozíciók között. A szimuláció során, amelyben a Föld különböző pontjain lévő városokban elhelyezkedő állomások kommunikálnak műholdakkal, egymással különböző hálózati tulajdonságokat mérhetünk.

Az *optimalizálás* scenárió a lehető legjobb (legkisebb) QBER eredményt határozza meg, illetve az ennek eléréséhez szükséges műholdak számát és a pozíciójukból származta-

tott csatornánkénti QBER értékeket. További vizsgálatokhoz érdekes lehet elemezni a különbségeket ezen szcenárió eredményei és az idővezérelt kommunikáció szcenárió által adott QBER értékek között.

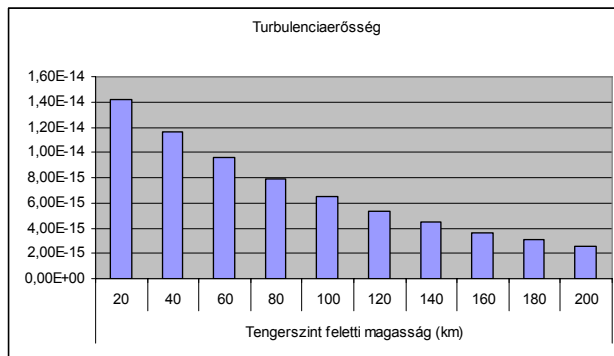
Eredmények

Érzékenységvizsgálat szimulációs eredményére mutatunk két példát.



1. ábra Nyalábszélesedés a vákuumban

Az 1. ábrán a szimulátor érzékenységvizsgálatának egy eredménye látszik, egy példa szerint a vákuumbeli nyalábszélesedés alakulására Alice apertúra-átmérőjétől függően. A legszélesebb nyalábot az értelmezett intervallumon 0,1 m apertúra-átmérőnél éri el. Növelve ennek a paraméternek az értékét, a nyalábszélesedés legalacsonyabb pontja viszonylag hamar elérhető, és ez után a pont után a kapott érték majdnem lineárisan növekszik. A 2. ábrán a turbulencia-erősséget vizsgáltuk a tengerszint feletti magasság függvényében. A feltételezett szélsébség: 21 m/s.



2. ábra Turbulencia-erősség a tengerszint feletti magasság függvényében

Összefoglalás

A műholdas kommunikációban a lézeres információátvitel előnyös lehet a hagyományos technikához képest. A fotonokon alapuló kvantumkommunikáció segítségével biz-

tonságos kulcskialakítás valósítható meg, a légkör tulajdonságainak pontos ismeretében pedig optimalizálható a berendezések felépítése. A fentiekben ismertetett eredményeket 2011-ben a Nemzetközi Asztronautikai Kongresszuson is publikáltuk [22].

Irodalomjegyzék

- [1] Galileo Probe Was A NASA Space Probe Sent To Study Planet Jupiter, *Universe – Galaxies and Stars* (http://www.universe-galaxies-stars.com/Galileo_probe.html, utolsó látogatás: 2011. 10. 27.)
- [2] Record Set for Space Laser Communication, *Space.com* (<http://www.space.com/1900-record-set-space-laser-communication.html>, utolsó látogatás: 2011. 10. 27.)
- [3] 10Mbps Laser Broadband Link, *DSLreports.com* (<http://www.dslreports.com/shownews/10Mbps-Laser-Broadband-Link-89210>, utolsó látogatás: 2011. 11. 22.)
- [4] M. Toyoshima: Trends in satellite communications and the role of optical free-space communications (http://publik.tuwien.ac.at/files/pub-et_10214.pdf, utolsó látogatás: 2011. 11. 22.)
- [5] Astrium GEO-Information Services: Infoterra GmbH (http://www.infoterra.de/terrasar-x_laser_communication_terminal_successfully_tested, utolsó látogatás: 2011. 10. 27.)
- [6] M.A. Nielsen, I.L. Chuang: *Quantum Computation and Quantum Information*, Cambridge University Press, 2000
- [7] S. Imre, B. Ferenc: *Quantum Computing and Communications: An Engineering Approach*, Wiley, 2005
- [8] Bacsárdi L.: Műholdas kommunikáció kvantumcsatorna segítségével. *Űrtan Évkönyv az űrkorszak ötvenedik évében*. MANT, pp. 93–95 (2007)
- [9] Bacsárdi L., Galambos M., Imre S.: Kvantumcsatorna a műhold–Föld és a műhold–műhold kommunikációban, *Híradástechnika* LXV:(3-4), pp. 23–29 (2010)
- [10] W.K. Wootters, W.H. Zurek: A single quantum cannot be cloned, *Nature* 299, pp. 802–803 (1982)
- [11] G.S. Vernam, Cipher Printing Telegraph Systems For Secret Wire and Radio Telegraphic Communications, *Journal of the IEEE* 55, pp. 109–115 (1926)
- [12] C.H. Bennett et al.: Experimental quantum cryptography, *Lecture Notes in Computer Science* 473, pp. 253–265 (1991)
- [13] T.S. Manderbach et al.: Experimental Demonstration of Free-Space Decoy-State Quantum Key Distribution over 144 km, *Physical Review Letters* 98, 010504 (2007)
- [14] J.M.P. Armengol et al.: Quantum Communications at ESA: Towards a space experiment on the ISS, *Acta Astronautica* 63, pp. 165–178 (2008)
- [15] R.L. Fante: Electromagnetic Beam Propagation in Turbulent Media, *Proc. IEEE* 63, pp. 1669–1692 (1975)
- [16] M. Brass: *Handbook of Optics*, Vol. I. (2nd. ed.), McGraw-Hill, 1995
- [17] S.G. Lambert, W.L. Casey: *Laser Communications in Space*, Artech House, 1995
- [18] W.G. Discoll: *Handbook of Optics*, McGraw-Hill, 1978
- [19] N. Gisin et al.: Quantum Cryptography, *Reviews of Modern Physics* 74, pp. 145–195 (2002)
- [20] Home of the Open Toolkit library (<http://www.opentk.com>, utolsó látogatás: 2011. 10. 27.)
- [21] AMIS Technology blog (<http://technology.amis.nl/blog/>, utolsó látogatás: 2011. 10. 27.)
- [22] M. Galambos, L. Bacsárdi, A. Kiss, S. Imre: Redundancy-free Quantum Coding Methods in Space Communications. *Proc. International Astronautical Congress 2011*, Cape Town, South Africa, Oct 3–7, 2011.

Kárfelelősség a világűrben

Dr. Gál Gyula

A Nemzetközi Asztronautikai Akadémia rendes tagja

Az ENSZ Világűrbizottsága jogi albizottságának 1962. szeptemberi ülésén az USA delegátusának képviselője tekintélyes méretű fémdarabot tett le a tárgyalóasztalra. Közölte, hogy azt Wisconsin állam Manitowoc városának utcáján találták, s a Smithsonian Asztrofizikai Intézet megállapítása szerint a Szputnyik-4 földre hullott darabja. Ezzel kívánta érzékeltetni egy világűr-kártérítési egyezmény szükségességét, amire az Egyesült Államok már javaslatot tett.

Káreset addig ténylegesen nem történt, bár híre járta, hogy Kuba Oriente tartományában egy lehulló tárgy (természetesen amerikai) egy tehenet megölt. 1969 júniusában Japán a Világűrbizottságban közölte, hogy a szibériai partok előtt egy űrtárgy darabjai egy japán teherhajóra zuhantak, és öt tengerészt megsebesítettek.

Tíz év múlva, 1979-ben a szabálytalanul visszatérő amerikai „égi laboratórium”, a Skylab-4 egész Közép-Európában okozott indokolt félelmet, amire a média sem késett rájátszani, „Halál a világűrből” és hasonló szalagcímekkel. A számítások szerint becsapódási helyként szóba jöhető dél-német térségben élelmes kereskedők védősisakokat árúsítottak, figyelmeztető felirattal díszített „T-shirtökkel” együtt. A 85 tonna tömegű Skylab végül Közép-Európát és Dél-Ázsiát elkerülve Ausztrália lakatlan sivatagi területén zúzódott szét anélkül, hogy kárt okozott volna.

Kárfelelősség – államfelelősség

A világűrjog mindmáig alapvető forrása az 1967. január 27-én aláírt nemzetközi szerződés a világűr-tevékenységet szabályozó elvekről. A „Világűrszerződést” máig 98 állam ratifikálta. Hazánk 1967 óta részese (1967. évi 41. tvr.).

A szerződés a két világűrhatalom közti kompromisszum eredményeként jöhetett létre. A Szovjetunió ugyanis azt kívánta elérni, hogy űrtevékenységet csak államok folytathassanak. Ez az Egyesült Államok merőben eltérő gazdasági rendszerével nem volt összeegyeztethető. Annál kevésbé, mert főként az űrtávközlés területén egyre több magánvállalkozás jött létre. Így az Intelsat már 1964-től üzleti alapon működött. A kompromisszum a szerződés alaptételében valósult meg: az államok nemzetközi felelősséggel tartoznak a világűrben folytatott nemzeti tevékenységeikért, „akár kormányiszervek, akár nem állami intézmények végzik azokat.” Ez vonatkozik a földön, légkörben vagy világűrben keletkező károkért viselt felelősségre is. Ez azt a nemzetközi jogban példátlan helyzetet eredményezte, hogy egy állam olyasmért felel, amihez neki közvetlenül nincs köze. Azon túl, hogy a világűr-tevékenység az ő engedélye alapján folyik, és felbocsátó államnak minősül. Hogy aktuális példát vegyünk: ha az amerikai UARS műhold kárt okozott volna, kárigényt az Egyesült Államokkal szemben lehetett volna érvényesíteni. De ugyanígy felelne az USA, mint felbocsátó állam, ha nem egy NASA-műholdról lenne szó, hanem egy tisztán magánkézben levő amerikai űrtárgy okozna kárt.

A kártérítés szabályait egy tízéves előkészítés után, 1972-ben létrejött egyezmény tartalmazza. Az „űrobjektumok által okozott károkért való nemzetközi felelősségről szóló egyezmény”, amelynek ma 83 állam, köztük hazánk is részese (1973. évi 3. tvr.). Ez a nemzetközi szerződés megerősíti a felbocsátó államok felelősségét az ilyen károkért. Idesorolja az élet elvesztését, a testi sérülést, az egészség más károsodását, a természetes és jogi személyek tulajdonának károsodását vagy elvesztését. A felbocsátó állam objektív felelősséggel tartozik minden kárért, amit egy űrtárgy a Föld felszínén, vagy repülésben levő légi jármű-

vön okoz. Ezzel szemben egy másik űrtárgyban okozott kár esetén a felelősség csak akkor állapítható meg, ha a kár az azt okozó hibájából keletkezett.

Bennünket, a szó szoros értelmében földi halandókat az első változat érdekel. Ha né-
tán egy lezuhanó űrtárgytól kárt szenvedünk, azért a felbocsátó állam a vétkesség vizsgálata
nélkül tartozik felelősséggel. Akkor is, ha azt egy magánvállalkozás ürtevékenysége okozta.
Igényünket államközi szinten Magyarország feladata volna érvényesíteni a felbocsátó állam-
mal szemben. Olyan kárigényrendező eljárásban, amit a szerződés szerint egy éven belül kell
kezdeményezni, a kár bekövetkeztétől vagy a felbocsátó állam azonosításától számítva, de
legfeljebb tíz éven belül.

Az egyezmény immár negyven éve van hatályban. Alkalmazására egyetlen alkalom-
mal kerülhetett volna sor. A szovjet Kozmosz–954 felderítő mesterséges hold 1978. január
24-én szerencsére lakatlan kanadai területre zuhant. Különös veszélyt azért jelentett, mert
energiaellátását nem napelem, hanem dúsított urániummal működő atomreaktor szolgáltatta.
Az Északnyugati Területeken, Alberta és Saskatchewan tartományokban ezernyi kisebb-
nagyobb sugárzó töredék szóródott szét. A szovjet segítséget érthető okból elutasító kanadai
hatóságok a nagy kiterjedésű területet átvizsgálni és megtisztítani voltak kénytelenek. A fel-
merült költségek fejében Kanada 6 millió dollár kártérítést követelt a Szovjetuniótól. Egy
három év múlva létrejött egyezség szerint 3 millió dollárban állapodtak meg. A szovjet fél
azonban került az egyezményre hivatkozást azzal az indoklással, hogy a terület semlegesí-
tésének költségei nem tekinthetők az abban meghatározott kárnak. Ez ugyan tiszta jogász-
i okoskodásnak tűnhet, de adott esetben nem volna közömbös, hogy egy ügyre az általános
nemzetközi jogi, vagy világűrjogi felelősség szabályait alkalmazzák.

A Kozmosz–954 ügye azonban hasznos volt azért, mert felkeltette a nemzetközi
figyelmet a nukleáris erőforrásokkal felbocsátott mesterséges holdak veszélyeire. Ennek
köszönhető, hogy az ENSZ Világűrbizottsága kidolgozta ezek alkalmazásának szabályait.

Ami a világűr-károkozás valószínűségét illeti, jellemzésül elég a fentiekre utalnunk.
Az 1957 óta folyó világűr-tevékenység során olyan vészhelyzet is alig fordult elő, mint amit
legutóbb az UARS visszatérésének tulajdonítottak. Olyan vészhelyzet, amiben a személyi
sérülés valószínűségét szakértők 1:3200 arányra becsülték. A kiszolgált szerkezet húszéves
égi útját anélkül fejezte be, hogy okot adott volna a kártérítés világűrjogának alkalmazására.



A korábban a felsőléggört kutató amerikai UARS (Upper Atmosphere Research Satellite) műhold darabjai 2011. szeptember 24-én lakott területektől távol, a Csendes-óceánba zuhantak. A műhold a Discovery űrrepülőgépről indult 1991-ben, ekkor készült róla a fénykép. (Kép: NASA)

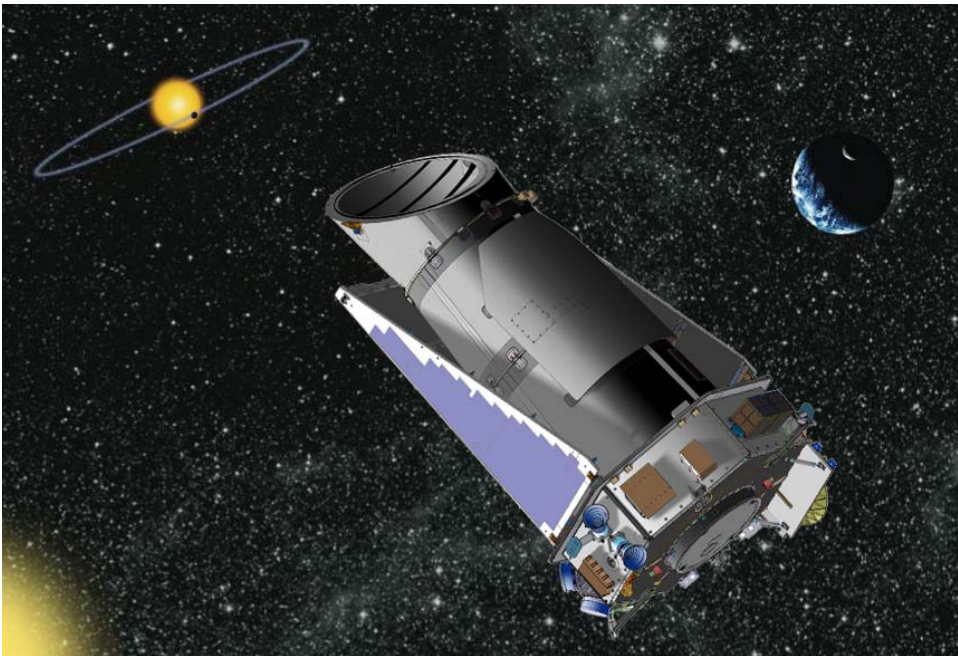
Az év másik nagy, irányítatlanul lezuhanó műholdja a ROSAT (Röntgen-satellit) űrobszervatórium volt, amely ugyancsak károkozás nélkül, az Indiai-óceánban végezte pályafutását, október 23-án. Az 1990-ben Floridából indított röntgensillagászati űrteleszkóp német, amerikai és brit együttműködésben készült.

Kutatás a Földhöz hasonló méretű bolygók után

Futó Péter

Az egyik nagy kérdés, amely mindig is foglalkoztatta az embereket az, hogy vajon egyedül vagyunk-e a világmindenségben? Léteznek-e olyan Földhöz hasonló bolygók más csillagok körül, amelyeken az élet általunk ismert, vagy ahhoz akár csak kis mértékben is hasonló formái kialakulhattak? Ezekre a kérdésekre jelenleg még nem tudunk válaszolni, de sejtésünk van róla, hogy azok a feltételek, amelyek itt a Földön lehetővé tették az élet megszületését és fejlődését, ugyanúgy kialakulhattak másutt is. Ezért a nemzetközi csillagásztársadalom szakavatott tagjai és a világ nagy űrügynökségei kísérletet tesznek annak vizsgálatára, hogy valóban léteznek-e más csillagok körül is biológiai értelemben fejlett életet hordozó bolygók.

A földi típusú összetett bioszféra kialakulásához, fejlődéséhez és hosszú távú fennmaradásához nagyon különleges környezeti feltételek szükségesek. Egy ilyen planétának a lakhatósági zónában kell keringenie csillaga körül, vagyis ott, ahol a felszínén megfelelő légköri viszonyok mellett nem forr fel és nem is fagy meg a víz, hanem hosszú ideig nagy mennyiségben folyékony formában is jelen van. Ahhoz azonban, hogy nagy vonalakban becslést tudjunk adni a földi típusú fejlett élet létezésére és elterjedtségére vonatkozóan, először meg kell becsülni a Földhöz hasonló méretű bolygók számát galaxisunkban, a Tejútrendszerben. Ennek megállapítására bocsátotta fel az amerikai űrhivatal Kepler nevű űrtávcsövé, amely az exobolygó-keresés egyik leghatékonyabb módszerével kutat a kisméretű planéták után galaxisunknak egy, a fősíkhöz közeli szegmensében.



A Kepler-űrtávcső a NASA fantáziaképén

Kepler: a NASA bolygókereső űrtávcsöve

Az amerikai Nemzeti Légügyi és Űrhajózási Hivatal, a NASA nagy pontosságú fényességmérésekre alkalmas űrtávcsövet a bolygómozgás törvényszerűségeit megfogalmazó matematikus-csillagászról, Johannes Keplerről (1571–1630) nevezték el. A 2009 tavaszán Nap körüli pályára állított Kepler-űrtávcső a csillagok fényességének pontos, folyamatosan történő mérése által rögzíti a nagyon csekély fényesség-változásokat is. Az 1,4 m-es főtükörrel rendelkező, 95 cm nyílású Schmidt-rendszerű távcső fókuszsíkja 95 megapixelből álló CCD-detektort helyeztek el, amelynek fejlettsége hozzájárul a kisméretű exobolygók felfedezéséhez szükséges technikai feltételekhez. A Kepler kutatási módszerének lényege: amikor egy csillag körül keringő bolygó pályasíkja látóirányunkba esik, vagy legalábbis kis szöveget zár be vele, akkor bizonyos időközönként a bolygónak a csillaga korongja előtti átvonulását lehet megfigyelni. A bolygó az átvonulás alkalmával kismértékben lecsökkenti a csillag fényességét. Ebből a változásból – a csillag átmérőjének ismeretében – a bolygó átmérőjére, az átvonulás időtartamából pedig a bolygópálya paramétereire lehet következtetni. A bolygók pályasíkjaiknak véletlenszerű térbeli elhelyezkedése miatt meglehetősen kicsi az átvonulás megfigyelésének esélye, ezért megfelelően nagy számú csillagot kell hosszú ideig folyamatosan megfigyelni a sikeres detektálás érdekében. Egy Nap-szerű csillag Föld-méretű bolygójának átvonulása például mindössze 0,47%-os eséllyel figyelhető meg. A világűrben történő megfigyelésnek szintén nagy fontossága van, hiszen a földi légkör zavaró hatásaitól mentes környezetben lényegesen nagyobb fotometriai pontosság érhető el. Ezen kívül lehetőség van a folyamatos, megszakítások nélkül történő észlelésre, ami szintén kulcsfontosságú tényező a Földével összemérhető planéták sikeres detektálása terén.

Az űrtávcső programjának másik fontos része a csillagok *asztroszeizmológiai* vizsgálata, aminek során a kapott adatok segítségével minden eddiginél pontosabb képet kaphatunk a csillagok szerkezetére, korára, sugarára és tömegére vonatkozóan.

A Kepler a Hattyú, a Lant és a Sárkány csillagképek határvidékén kutat, tudományos programjának fő célja tehát a Földével összemérhető méretű bolygók keresése a csillagok lakhatósági zónájában. Ha sikerül találni ilyeneket, akkor meg tudjuk majd becsülni a Föld-méretű bolygók gyakoriságát a cirkumsztelláris (csillag körüli) lakhatósági zónákban és a későbbi alapos vizsgálatok során az is kiderülhet, hogy van-e rajtuk élet.

Az űrtávcső bolygókereső programjának több magyar vonatkozása is van. Így például az első, tesztelés céljából megfigyelt planéta a HATNet program keretében működtetett magyar-amerikai távcsőhálózat által felfedezett HAT-P-7b jelzésű exobolygó volt.

Föld-méretű és Föld-szerű bolygók

Természetesen nem szabad összetéveszteni a *Föld-méretű* és a *Föld-szerű* bolygók fogalmát, hiszen az első megnevezés csupán a bolygó fizikai méretére utal, míg a második már azt jelzi, hogy az adott planéta olyan speciális adottságokkal is rendelkezik, amelyek lehetővé teszik (vagy tették) az ahhoz hasonló típusú élet létrejöttét, mint amit mi itt a Földön megismertünk. Tehát a Föld-szerű jelleg megállapításához további összehangolt, roppant precíz mérésekre van szükség, amelyek elsősorban a légköri összetétel meghatározására irányulnak.

A Föld-méretű (*Earth-sized*) jelzővel a 0,8–1,25 földtömeg közé eső bolygókat illeti a szakirodalom. Ugyanakkor a szuper-Földek alsó tömeghatára 1 földtömeg, így némi átfedés mutatkozik a két tömegkategória között. A Föld-szerű bolygók már szélesebb körű értelmezést nyerne a planetáris tömeg tekintetében, hiszen például egy többszörös földtömegű közetbolygó is rendelkezhet a Földhöz hasonló asztrobiológiai jellemzőkkel. A lemeztektonika pedig a vizsgálatok szerint számos téren kedvez az élet fejlődésének, ezért egy a Földnél valamelyest nagyobb tömegű, aktívabb lemeztektonikájú bolygón az élet akár még kedve-

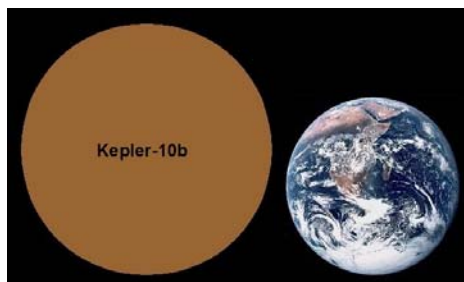
zőbb körülmények között virulhat, mint Földünkön. Példaként említhetünk egy 2 földtömegű, bolygónkhoz hasonló felépítésű planétát [1]. Egy ilyen bolygó átmérője mintegy húsz százalékkal volna nagyobb bolygónknál, a kontinentális típusú kőzetlemezek átlagos vastagsága pedig alig háromnegyede lenne a Földünkön lévő hasonló lemezekének. Nagyobb tömege révén a magasabb belső hőmérséklet aktívabb lemeztectonikát tarthat fenn, mint Földünk esetében.

Azonban itt fontos megjegyezni azt is, hogy nem csupán a Földhöz sok tekintetben hasonlító bolygókon található életet, ugyanis ismerünk olyan életformákat is itt a Földön, amelyek a meglehetősen extrém körülmények között érzik jól magukat [2]. Ezek az extrémofil szervezetek a távoli exobolygóknak a földtől nagyon eltérő felszíni (vagy felszín alatti) környezetében is létezhetnek. Tehát nem biztos, hogy csak a nagyon specifikus környezetben lehetséges az élet kialakulása. Megjelenhet az a csillag lakhatósági zónájától távol eső régióban keringő bolygón vagy holdon, sőt még a csillag környezetéből kisodródott planéták esetében is. Erről és még sok minden másról az exobolygókkal kapcsolatban bővebben olvashatunk Almár Iván *Kozmikus társkereső* című könyvében [3]. Viszont a Föld-szerű bolygók keresése mutatkozik a legígéretesebbnek, ezért sokan ezek keresését javasolják a kutatások élvonalába helyezni.

Eddigi eredmények

A Kepler eddig (*2011 őszéig – a szerk.*) ezernél is több bolygójelöltet azonosított távoli csillagok körül, azonban ezek többségének létezését még további vizsgálatokkal igazolni kell. A program során eddig több mint kéttucatnyi bolygó igazolt létét jelentették be. Ez a szám lassan ugyan, de jelentősen növekedni fog a jövőben. A még meg nem erősített bolygójelöltek többsége valószínűleg a Földünk tömegének néhányszorosa csupán, szemben a korábban a felfedezésekben domináns számban jelentkező, Jupiterhez hasonló tömegű óriásbolygókkal. Az adatok vizsgálatából következik, hogy nagyobb számban léteznek a kis méretű exobolygók, mint a nagy méretű társaik. Bár még a jelöltek legtöbbszöröse tömege nem ismert, az adatokat alaposabban szemügyre véve azt a következtetést vonhatjuk le, hogy galaxisunkban a Neptunuszhoz hasonló, és a nála kisebb tömegű exoplanéták akár több mint háromnegyed részét is kitehetik a létező bolygók teljes számának. Elsősorban a Neptunusz-jellegű és a szuper-Föld (1-10 földtömeg, [4]) kategóriába tartozó planéták a gyakoriak. A Földéhez hasonló, sőt még nála kisebb átmérőjű bolygójelölteket is tartalmaz a lista. A jelöltek között 68 bolygónkéhez nagyon hasonló méretű planétát találtak, ami mintegy 5,5%-át teszi ki az eddig közölt teljes bolygójelölt-listának. Ez azt jelzi számunkra, hogy a Föld-méretű bolygók viszonylag gyakoriak lehetnek a Tejútrendszerben (ez a szám akár több milliárd is lehet!). Már csak annak megbecslését kell elvégezni e tekintetben, hogy vajon milyen gyakorisággal jelentkeznek a Föld-méretű bolygók a csillagok lakhatósági zónáiban. A vizsgálatok szerint a kőzetbolygók sokkal gyakoribbak a központi csillag környezetében, mint a gázóriások, ez pedig csak növeli az esélyét annak, hogy viszonylag sok, a csillag körüli lakhatósági zónában keringő Föld-méretű bolygót találjunk.

A Kepler-űrtávcső által detektált, eddig bejelentett szuper-Föld kategóriájú bolygók közül a Kepler-10b jelű (4,56 földtömeg, 1,416 földátmérő) minden bizonnyal valódi Föld típusú planéta. A precíznek mondható megfigyelési adatokból számított átlagsűrűsége alapján arra lehet következtetni, hogy a Kepler-10b összetételében meghatározó szerepe van a vasnak illetve a hozzá hasonló atomtömegű fémeknek, így nagy valószínű-



séggel a teljes bolygótömeghez képest nagyobb méretű fémes maggal rendelkezik, mint például a mi Földünk. Ugyanakkor a Kepler-11b jelű planéta átlagsűrűsége kisebb annál, mint ami egy Föld típusú összetételből adódna, ezért feltehetőleg a tömegének tekintélyes részét kitevő kis sűrűségű anyag(ok)ból (vízből és/vagy gázokból) álló szerkezeti övvel is rendelkezik a fémes mag és a szilikátos öv mellett. További szuper-Föld felfedezés a 2011 szeptemberében bejelentett Kepler-18b esete. Ez a bolygó a számított átlagsűrűsége alapján valószínűleg egy szilikátos belsővel és egy kisebb sűrűségű anyagokat tartalmazó külső burokkal rendelkezik.

E kevés számú felfedezés már arra enged következtetni, hogy a kisméretű exobolygók világában mind a teljes bolygótömeghez mérten nagy fémes maggal rendelkező bolygók, mind pedig a fémeknél és a szilikátoknál könnyebb anyagokat is nagy tömegben tartalmazó bolygók gyakoriak lehetnek a Tejútrendszerben. Azonban a nagyméretű fémes maggal rendelkező kőzetbolygók felszínén erős a gravitáció, ez pedig nem kedvez a viszonylag nagy testű élőlények kifejlődésének. A tekintélyes tömegben kis sűrűségű anyagokat is tartalmazó bolygóknak pedig nincs szilárd felszíne. Ezen kívül gázburkuk mélyén a nyomás rendkívül nagy értéket vehet fel, ami szintén nem kedvező a fejlett életformák számára. Ezért az általunk ismert fejlett ökoszisztémákból álló bioszféra kialakulását csupán a Földünkhöz sok tekintetben hasonló paraméterekkel rendelkező bolygók esetében remélhetjük. Eddig még nem találtunk olyan Föld-méretű bolygót, amely a Naphoz hasonló csillag lakhatósági zónájában kering, és az átlagsűrűsége alapján is a mi kozmikus otthonunk fizikai jegyeit hordozza magában. Azonban várakozásaink szerint a Földhöz hasonló méretű és szerkezetű kőzetbolygók is meglehetősen gyakoriak a Galaxisban, ezért érdemes tovább folytatni a még alaposabb kutatásokat egy Föld-szerű bolygó felfedezése reményében.

Összegzés

A kisméretű exobolygók detektálásához és méretük meghatározásához elengedhetetlenül szükséges az ultraprecíz fotometria világűrbeli alkalmazása. Ezzel a módszerrel, megfelelően nagy számú csillag fényességváltozásainak megfigyelése révén tömegesen fedezhetők fel a miénkhez hasonló méretű planéták. Az adott planéta esetében a sugár és a tömeg ismeretében kiszámítható az átlagsűrűség, amiből következtetni lehet az összetételére, s így lehetőség adódik a bolygó típusának meghatározására.

A Kepler mérései tehát az első próbálkozást jelentik annak megállapítása érdekében, hogy vajon mennyire gyakoriak a Föld-méretű bolygók galaxisunkban és a Naphoz hasonló fizikai tulajdonságokkal rendelkező csillagok lakhatósági zónáiban. Első lépésben az ilyen jellegű bolygók megtalálása a cél, hiszen jelenlegi tudásunk alapján ezek alkalmasak leginkább a fejlett élet hordozására. Második lépésben pedig a Föld-szerű planéták felkutatása lesz a jövőben az élvonalbeli exobolygó-kereső programok fő célja.

E tekintetben korunk a tudomány történetének talán legizgalmasabb fejezete. Ha pedig a jövőben felfedeznénk egy fejlett életformákat hordozó bolygót, akkor ez a tény alapvetően megváltoztatná a világról és a benne elfoglalt helyünkről alkotott képünket. Ezen kívül a felfedezés nagy hatással lenne a társadalomra nézve is.

Irodalom

- [1] P. Futó: Detailed internal structure model for super-Earths in case of Earth-like composition. *Lunar and Planetary Science XLI*, 1024, Houston, 2010
- [2] Kereszturi Á., Simon T.: Asztrobiológia. *Meteor Csillagászati Évkönyv 2005*, pp. 190–218, Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest, 2004
- [3] Almár I.: *Kozmikus társkereső*. Kossuth Kiadó, Budapest, 2011
- [4] Futó P.: Szuper-Földek. *Természet Világa*, Vol. 141, pp. 520–522, 2010

Az élet kutatása az Univerzumban és jövőnk

Dr. Simon P. Worden
NASA Ames Research Center

A NASA Ames Research Center igazgatójának meghívott előadása a 2011. októberi Nemzetközi Asztronautikai Kongresszuson, Fokvárosban (Dél-Afrika) hangzott el. Az Űrtan Évkönyv 2010-2011 számára magyarra fordította: Dr. Almár Iván.

Bevezetés

Mindenekelőtt leszögezem elfogultságomat – tudós vagyok, pontosabban csillagász. Ugyanakkor a NASA alkalmazottja és amerikai. Ebből a nézőpontból kijelentem, hogy el sem tudnék képzelni ennél izgalmasabb időszakot, amelyben élni érdemes. Az elmúlt néhány évtizedben az űrprogram forradalmasította a fizikát. Az új felfedezések jó része – sötét anyag, sötét energia és így tovább – úgy született, hogy nagyrészt az űrmissziók nyújtottak bepillantást a témába. Minden újabb felfedezés azt mutatta, hogy kevesebbet tudunk az Univerzumból, mint korábban gondoltuk. Ez nagyszerű újság a munkalehetőségeink szempontjából – és meggyőződésem, hogy még sok minden következik! Talán több, végtelen univerzum, vagy olyan dimenziók, amelyekről még semmit sem tudunk, és így tovább. Az Univerzum eredete és szerkezete minden idők egyik legnagyobb tudományos problémája. De vannak más, nagy kérdések is – például mi az élet eredete? Vannak-e mások is az Univerzumban? És talán a legfontosabb kérdés, hogy mi lesz a jövője?

A következő néhány évtizedben megkezdődik majd a biológia ezen nagy kérdéseinek megválaszolása – és, ha a fizika példájából indulunk ki, akkor további kérdések merülnek majd fel. Ebben az előadásban áttekintem, hogy e kérdések vonatkozásában milyen haladást értünk el. Hol tartunk a Földön kívüli élet keresésében a Naprendszerben? Illetve a Naprendszeren kívül?

E kérdésekre lehet az a válasz, hogy máshol nincs élet az Univerzumban! A Föld lehet az egyetlen hely, ahol az élet létrejött – sehol máshol nem volt Teremtés. De az élet az Univerzumban a Földön kívül éppen a mi erőfeszítéseinkkel veheti kezdetét. Néhány évtizeden belül a földi élet folyamatosan létezik és virágzik majd túl Földünk határain – tulajdonképpen szerintem ez az emberes űrhajózási programunk legjobb indoka. A fél évszázaddal ezelőtt kifejlesztett űrtechnika tette lehetővé, hogy – bizonyos mértékig – elszakadjunk a Földtől. Azóta ebben a technikában nem volt nagy a fejlődés. Úgy vélem, hogy valószínűtlen, hogy az űrtechnika önmagában képes lesz az élet határtalan expanziójának megvalósítására (amiről a sci-fi írók több mint száz éve írnak már). Ennek meg kell változnia egy újabban felmerülő technika, az ún. szintetikus biológia (SynBio) hatására. Immár a határán vagyunk annak, hogy megértsük és programozzuk az élet alapvető mechanizmusait, a genomot. Valamivel több mint egy éve J. Craig Venter és munkatársai előállították és „bootolták” az első, szintetikusan előállított baktérium genomot. Bár ők egy létező baktérium sablonját használták, de ez az erőpróba csak a jövő lehetőségeinek ízelítője. A SynBio révén lehetőségünk lesz, hogy programozzuk az életet – talán még magunkat is, hogy élhessünk és boldogulhassunk más világokon is. Hiszek abban, hogy ez a technika, az űrtechnikával kombinálva juttat el bennünket a csillagokig.

Az élet utáni kutatás a Naprendszerben és azon túl

Az idegen élet kutatása a Földön kezdődik. Ha az élet kialakulásának feltételei általánosak az univerzumban, és tudjuk, hogy ezek fennálltak a Földön is, akkor egy „második

teremtésnek”, vagyis az élet többszöri nekiindulásának keresésére Földünkön is van lehetőség. Noha az élet hihetetlen változatosságot mutat, továbbá betölti a legkevésbé valószínű „fészkeket” is, eddig nem találtuk egy második teremtés nyomait Földünkön – igaz, valójában éppen csak megkezdjük azon helyek feltárását, ahol élet lehetséges. Ezért forduljunk a leginkább „Föld-szerű” bolygó, a Mars felé!

Amióta az emberek először néztek a Marsra távcsövön keresztül, azt mérlegelték, hogy lehet-e ott élet. Egy évszázaddal ezelőtt csaknem biztosra vették, hogy létezik rajta intelligens élet is, és a H. G. Wells által leírt történet, vagyis az intelligens marslakók inváziója a Földön, inkább tudománynak, mint fikciónak tűnt. De a Mariner és Viking szondák megfigyelései nyomán az 1960-as és 1970-es évekre a Mars már száraz, sivatár és geológiailag is halott helynek tűnt, és annak lehetősége, hogy jelenleg, vagy bármikor életet hordozott, eltűnően volt. A Mars-szondák jelenlegi sorozata azonban sokkal érdekesebb képet nyújt a Marsról. A bolygó jelentős mennyiségű vizet tartalmaz jég formájában, s legújabbban erős jeleket találtak arra, hogy a talajból aktív vízfolyások érkeznek a felszínre. A leszálló egységek új generációja, mint a Mars Science Laboratory, arra koncentrálnak majd, hogy találnak-e olyan szerves molekulákat, amelyek egykori, vagy jelenlegi élet lehetőségére utalnak. Jelenleg úgy tűnik, hogy a legérdekesebb célpontok a Mars felszíne alatt rejtőznek – talán ott, ahonnan a felszínre törő folyások származnak. Kis kiterjedésű, lokális mágneses terek létéből arra következtetnek, hogy némi maradék tektonikus aktivitás is létezhet, a velejáró energiaforrásokkal együtt. Még izgalmasabb jelenség a változó intenzitású metánkiáramlás, amely összefügg az évszakos változásokkal és talán a talaj alatti víztározókkal a Marson. A metán lehet szervesetlen és szerves életjelenségek terméke. Ezek a megfigyelések ellentmondásosak (saját munkatársaim az Ames központban a leginkább szkeptikusak). Ettől függetlenül a tervek szerint a leszálló űrszondák befűrnék a Mars jéggrétegébe, mérik a metánkiáramlást, és végül mintahozatalra vállalkoznak majd. Mindez alapvető, hogy megállapítsuk, vajon az élet ott valaha létezett-e, illetve esetleg létezik-e most is. De még ha kiderülne, hogy az élet létezett, vagy létezik a Marson, ez még nem egy második teremtés bizonyítéka – az élet létrejöhett a Marson, majd kisbolygó-becsapódások révén eljuthatott a Földre, ahol elterjedt. Lehet, hogy tényleg mindannyian marslakók vagyunk, és csak egy teremtés volt.

Úgy tűnik, hogy a víz – amely nyilvánvalóan az élet kulcsa – elterjedt az egész Naprendszerben. A Jupiter egyik nagy holdján, az Európán egy több kilométer vastag jégkéreg alatt az egész égitestre kiterjedő óceán van. Az óceánt valószínűleg a hold és a Jupiter árapály kölcsönhatása fűti alulról. A fűtés energiát biztosíthat az élet számára, úgy, mint a vulkanikus kürtök a földi óceánok mélyén. A Szaturnusz belső holdjainak egyikét, az Enceladust, láthatólag szintén árapály kölcsönhatás fűti, s ennek következményei az aktív vízgejzirek. Ezen az égitesten szintén élet lehet. A vízi világok azonban nem az egyedüli helyek, ahol élet után kutathatunk. Más égitesteken más folyadékok produkálhatnak különleges kémiai közegét és benne „bizarr” életet. 2005-ben az Ames központ egyik munkatársa, Dr. Chris McKay egy H. D. Smith-szel közös dolgozatában felvetette, hogy a folyékony szénhidrogén tavak a Szaturnusz Titán nevű holdján egzotikus kémiai folyamatokat és „bizarr” életet tartalmazhatnak.

Naprendszerünkben elenyésző azon helyek száma, ahol élet keletkezhet és létezhet. Más naprendszerekben viszont határtalan lehetőségekkel találkozhatunk. Mivel tudjuk, hogy van élet Földünkön, első célunk az lehet, hogy eldöntsük, léteznek-e Föld-méretű bolygók a Földünkhöz hasonló pályán Nap-típusú csillagok körül. Több mint két éve éppen ezzel a céllal indítottunk el egy űrszondát Kepler néven.

A Kepler-szonda 2009. március 6-án startolt a Kennedy Űrközpontból. Egy méter tükörátmérőjű távcsöve az égbolt egyetlen, kiválasztott 10 négyzetfoknyi területére irányul, és a legnagyobb szenzor-elrendezéssel rendelkezik, amelyet eddig az űrbe küldtek. Célja az, hogy figyelje a Naphoz hasonló csillagokat, nagyon szabatosan és gyakran (átlag félóránként) mérve fényességüket, mintegy húsz milliomodnyi pontossággal. Több mint 100 000

csillagot választottak ki célpontul, átlagos távolságuk 500 és 3000 fényév közötti. Úgy véljük, hogy többnyire rendelkeznek bolygórendszerrel. Ezek egy részében a bolygók olyan síkban keringenek, amelybe látóirányunk éppen beleesik. Amikor egy bolygó elhalad a csillaga előtt, kis mértékben csökkenti a csillag fényességét – ez a fedés jelensége –, s ennek következtében csekély fényességcsökkenést tapasztalunk. Természetesen sok más jelenség is okozhat ilyen fényességcsökkenést, például foltok a csillag felszínén, vagy egy kisebb csillag a rendszerben, amely fedi a megfigyelt csillagunkat. Ezért hosszabb ideig kell figyelniük a csillagot, hogy többszörös fedéseket fedezzünk fel. Ezen megfigyelési adatokból, más észlelésekkel kiegészítve, meghatározható a bolygó mérete, esetleg tömege és kora is. Mostanáig több mint ezer ilyen bolygójelöltet fedeztünk fel – bár a többszörös fedések követelménye azt jelenti, hogy ezek mind közel vannak csillagukhoz, vagyis hőmérsékletük túl magas ahhoz, hogy folyékony víz legyen a felszínükön (ami tudomásunk szerint kell az élethez); ezeket „sült bolygóknak” nevezzük. Sok közülük lényegesen nagyobb Földünkénél – méretük inkább a Jupiterére, vagy a Neptunuszéra emlékeztet. De találtunk már egy csomót, amelyek Föld-méretűek, vagy még kisebbek.

A Keplerrel elsősorban a „lakható zónában” lévő bolygókat keressük. A lakható bolygót önkényesen úgy definiáljuk, mint amelynek a felszíni hőmérséklete tartósan a víz fagyás- és forráspontja közé esik. Az ilyen bolygókon lehet folyékony víz a felszínen, ami elősegítheti az általunk ismert élet megjelenését. Sajátos módon Földünk *nincs* a lakható zónában, mivel sugárzási egyensúly esetén hőmérséklete a víz fagyáspontja *alá* esne. De mégis létezik folyékony víz rajta, légkörünk üvegházhatása miatt. Így a „lakható zóna” definíciója némi módosítást kíván! Mindazonáltal fontos, hogy több mint 50 bolygót találtunk már Nap-típusú csillagok lakható zónáiban. Többnyire óriásbolygók – tipikus méretük a Neptunuszé. Most kezdünk végre olyanokat találni, amelyek mérete megközelíti a Földét.

A Keplert felfedezéseinek néhány érdekes vonatkozása összekapcsolja a filmiparral. Az Avatar című sikerfilmben egy nemcsak lakható, de lakott bolygó szerepel, amely nem különálló bolygó, mint a Föld, hanem egy óriásbolygó holdja. Célunk a Keplerrel az, hogy jó statisztikai mintát kapjunk a csillagok lakható zónáiban keringő, Föld-típusú világokról. Ezért nemcsak a Föld-méretű bolygókat kell keresnünk, de a Föld-szerű holdakat is, hogy megkapjuk a lehetséges lakható világok valódi „népesség-függvényét”. Nem tudjuk, hogy ez a Kepler adataiból lehetséges-e, de a kutatók egy csoportja jelenleg ezzel a problémával foglalkozik.

De a Kepler más, „sci-fi-szerű” helyeket is talált! Nemrég a NASA bejelentette az első olyan bolygó felfedezését, amely egy kettőscsillag körül kering. Mivel ez emlékeztetett a Tatoonie bolygóra a Csillagok háborúja (Star Wars) filmben, engedélyezték, hogy róla nevezzük el!

Természetesen a potenciálisan lakható bolygók statisztikai népesség-függvényének felfedezése még nem bizonyítja, hogy van rajtuk élet. A Kepler-féle csillagok túl messze vannak ahhoz, hogy többet tudjunk meg róluk, mint eloszlásuk, méretük és egyes esetekben tömegük és koruk. Új szondákra lenne szükség további ismeretek szerzésére.

Ahhoz, hogy az élet jeleire bukkanjunk rajuk, valamit tudnunk kellene ezen idegen világok légköréről. A földi élet módosította az ősi szén-dioxid légkört (mint amilyen manapság a Vénuszé és a Marsé) a mai oxigénben gazdag atmoszférává. Egy oxigénben gazdag légkör akkor marad meg, ha létezik egy olyan folyamat, mint az élet, amely fenntartja; az oxigén ugyanis nem egyensúlyi gáz, sok anyaggal lép kölcsönhatásba, ezért csak az élet-folyamatok tartják fenn nagy oxigén-koncentrációjú légkörünket. Hasonlóan folyékony víz szükséges az általunk ismert élet fennmaradásához. Vagyis, ha megállapítjuk, hogy egy idegen bolygó („exobolygó”) légkörében sok a szabad oxigén és a vízgőz, akkor feltehetjük, hogy életet hordoz. De ilyen adatokat beszerezni valóban nehéz feladat.

Bizonyos adatokat már ma is beszerezhetünk az exobolygók légköréről. Egyes esetekben – különösen fényes, közeli csillagoknál, ahol jó színképet lehet készíteni, és ahol egy na-

gyobb bolygó halad el a csillagkorong előtt – meghatározhatjuk a bolygólégkör színeképét. Ez úgy történik, hogy kivonjuk a csillag akkor felvett színeképét, amikor a bolygó előtte haladt, abból, amely akkor készült, amikor nem. Mivel a csillagfény egy része áthaladt a bolygó légkörén, az eredményül kapott színeképkülönbség abszorpciós vonalai a bolygólégkör gázaira utalnak.

Eddig szinte valamennyi esetben ezek „forró Jupiterek” voltak, ahol a bolygó nagyon nagy és olyan közel kering csillagához, hogy légkörének hőmérséklete több ezer fok lehet. De újabb űrteleszkópokkal ezen segíteni lehet.

Ha sikerülne átvonuló, Föld-méretű bolygókat – vagy legalábbis „szuper-Földeket” – találnunk a legközelebbi csillagok körül, akkor a fentebb leírt módszerrel légkörük jellemzői – különösen a készülő James Webb-űrtávcsővel (JWST) – meghatározhatóak lennének. Azokat az égitesteket tekintjük „szuper-Földeknek”, amelyek átmérője a Föld átmérőjének legfeljebb kétszerese, tömege pedig a Földének legfeljebb 5-10-szerese. Különböző elméleti megfontolások alapján úgy véljük, hogy a szuper-Földek felszíne szilárd, vagy óceánok által borított, és nincs olyan sűrű légkörük, mint az óriásbolygóknak a Naprendszerben. Ezért miközben a földihez hasonló életet hordozó bolygók után kutatunk, nem zárjuk ki a szuper-Földeket, mint lehetséges helyeket.

A JSTW-t úgy készítik, hogy főképp az infravörös színeképtartományban gyűjtson adatokat. Ez az a tartomány, ahol a légköri vízgőz és oxigén elnyelési (abszorpciós) vonalai leginkább láthatóak. Még jobb az esélyeink, ha egy olyan Föld-szerű bolygót találunk, amely egy kisméretű, hűvösebb csillag, vagyis egy M típusú törpecsillag körül kering. E csillagok átmérője körülbelül egyharmada a Napunkénak. Vagyis egy előtte elhaladó bolygó (különösen, ha szuper-Föld) fedések közben a JSTW által könnyen rögzíthető légköri színeképet produkál – célszerűen összegezve sok fedés eredményeit. Persze előbb meg kell találnunk ezeket a közeli, fedési exobolygókat. Maga a Kepler erre kevésbé alkalmas, mivel nem a közeli csillagokat veszi célba, hanem sok távoli csillagot vizsgál egyszerre Galaxisunk egy viszonylag kis területén belül.

Szerencsére léteznek nem túl drága javaslatok az összes közeli csillag vizsgálatára – különösen az M törpéké – bolygófedések felfedezése céljából. Az egyik ilyen javaslat az MIT egyetemről származik TESS (Transiting Exo-Planet Survey Satellite) néven. Más javaslatok is vannak. Ezek közül még nem választották ki a megvalósítandókat, de véleményem szerint rendkívül fontosak. Ezek az exobolygók a jövő programjaiban kiemelt célpontokká válhatnak, mivel fedési jellegük miatt lehetőségünk lesz több fontos tulajdonságuk meghatározására a következő évtizedre tervezett fejlettebb űrtávcsövek segítségével.

Miközben szerencsés esetben az említett közvetett módon elkészíthetjük majd a fedési exobolygók légkörének színeképét, szükségünk lenne arra is, hogy közvetlenül leképezzük ezeket a bolygókat és meghatározzuk színeképüket. Többféle műszert fejlesztenek már erre a feladatra, vagyis közeli csillagok bolygóinak lefényképezésére, s ezek felbocsátása a 2020-as évekre várható. Többnyire valamiféle „koronagráfról” van szó, amelyben lefedik a központi csillag fényét, hogy bolygóit közvetlenül látni lehessen, ami nehéz feladat, mert a bolygók tipikusan milliárdszor halványabbak, mint központi csillaguk. E színeképből remélhetőleg megállapítható majd, hogy a közeli csillagok lakható zónáiban keringő exobolygók közül melyikén lehet élet. Ha sikerül ilyen bolygót, vagy bolygókat találnunk, ezek azonnal a földi élet végső expanziójának célpontjává válhatnak – ahogy erről később szó lesz.

Emberes, vagy másféle, „emberből kiinduló” expanzió

Sokan, beleértve e cikk szerzőjét is, űrprogramunk végső, és talán egyedül igazán érdemleges céljának a Naprendszerbe és azon túl történő terjeszkedést (expanziót) tekintjük. Ez valójában filozófiai kérdés, amely túlmutat e tanulmány keretein. Fontosnak tartom megjegyezni, hogy súlyos etikai kérdések merülnek fel az emberes, vagy pontosabban az ember-

ből kiinduló intelligens élet terjeszkedésével kapcsolatban a Naprendszerben és azon túl. Sokan úgy vélik, hogy egy ilyen terjeszkedés finanszírozására szolgáló erőforrásokat jobban hasznosíthatnánk a földi problémák megoldásánál.

Az egyik fontos etikai probléma akkor merül fel, ha egy olyan világba kívánunk behatolni, ahol az élet már létezik – elképzelhető, hogy a Mars ilyen. Ez különösen kényes problémává válik, ha felfedezzük, hogy a Mars-béli élet egy „második teremést” reprezentál, vagyis alapvetően eltér a földitől. Többen felvethetnék: „Milyen jogon szorítanánk ki egy már létező életformát?” Ezt az aggodalmat politikai álláspontjuktól függetlenül sokan osztják: a „baloldalon” attól félnek, hogy kiirtjuk őket, a „jobboldalon” pedig attól, hogy ők ölnek meg bennünket! Egyik lehetőség ennek kiküszöbölésére – ha valahol tényleg életre bukkanunk – olyan helyek kiválasztása, ahol biztosan nincs élet, mint például a Holdon vagy a kisbolygókon.

Másik alapvető kérdés, hogy, hogy mit értünk azon, hogy „mi”. Az elmúlt fél évszázad szerzői ilyenkor rendszerint emberekre gondoltak, akik űrhajóikon elindulnak, hogy idegen világokon folytassák életüket. Ez a „Star Trek” forgatókönyv ismerős és vonzó is lehet. De valószínűleg téves. Ahogy a mesterséges intelligencia (AI) és hasonló technikák fejlődnek, többen úgy vélik, hogy a „gépi élet” hamarosan alaposan túltesz rajtunk. A gépi intelligencia könnyebben élhet és „telepedhet le” olyan helyeken, mint a Hold, mivel a gépeknek nincs igazán szükségük olyan ritka erőforrásokra, mint a víz és az oxigén.

Egy másik technika, amely azt ígéri, hogy megváltoznak az életre vonatkozó elképzeléseink, a cikk elején említett SynBio. A SynBio hamarosan lehetővé teszi számunkra, hogy aktívan konstruáljunk biológiai jelenségeket – feltehetően olyan komplex organizmusokat is, mint mi magunk. A SynBio különösen vonzó megoldás, mivel a biológia lényegét tekintve önreprodukáló gépekkel foglalkozik. Ha egy kolónia túlélésre törekszik egy idegen világban, nyilván képtelen a fenntartásához szükséges dolgokat folyamatosan importálni. Ezért önfenntartásra van ítélve. A gépek, amelyeket magával vitt, előbb-utóbb elromlanak. De az önmagukat reprodukáló gépek, különösen, ha azokat az adott környezetre tervezzük, beprogramozhatók úgy, hogy önmagukat javítsák és karbantartsák. Természetesen, ha már elő tudunk állítani „programozott életet”, olyat, mint a mienk, akkor az eredmény az „emberitől” megkülönböztethetetlen lehet. A Földön kívüli települések valóban idegenek lennének – hiszen önreprodukáló gépekből, vagy mesterségesen létrehozott (és értelemmel bíró) biológiai élőlényekből állnának.

Az új technika gyors, exponenciális fejlődése elvezetett a „technikai szingularitás” koncepciójához. Ez egy olyan állapot, amikor a technika exponenciális fejlődése rövid időn belül az „élet” radikálisan új formáit állíthatja elő – letöltjük magunkat egy számítógépbe, megszerkesztjük az élet halhatatlan változatát, stb. Közel az Ames központhoz, Moffet Fieldben létezik már egy kutatóhely, amely ezen lehetőségek megértésével és alkalmazásával foglalkozik „Singularity University” néven.

A szingularitás koncepciója messzemenő következményekkel jár nemcsak a más égitestek felé igyekvő emberiség számára, hanem abban az alapvető kérdésben is, hogy egyedül vagyunk-e az Univerzumban? A Földön kívüli értelem keresésének egyik alapvető problémája a Fermi-paradoxon. Ez egyszerűen azt jelenti, hogy, ha az élet mindenütt elterjedt, amiről hamarosan képet alkothatunk, akkor ez vonatkozni fog az értelmes életre is. Ha ez így van, akkor feltehetőleg nem mi vagyunk az elsők, vagyis sokkal idősebb civilizációk is léteznek, s ezeknek felfedezhetőeknek kell lenniük. Leszámítva néhány embert, akik azt állítják, hogy repülő csészealjakra is utaztak már, mindenki elfogadja, hogy még nem fedeztünk fel idegen értelmes életet az Univerzumban. E probléma egyik lehetséges megoldása, hogy az értelmes civilizációk gyorsan elérik a szingularitás állapotát, és átalakítják magukat valamivé (valahol), ami már nem lép kapcsolatba semmivel, vagy ha igen, akkor olyan módon, ami számunkra felfedezhetetlen.

Visszatérve kevésbé filozofikus és spekulatív témánkhoz, úgy tűnik, hogy egy-két évtizeden belül képesek leszünk arra, hogy letelepedjünk egy másik égitesten, valószínűleg a Marson. Ismétlem, hogy a letelepedés más égitesteken racionális kényszer az alacsony Föld körüli pályát elhagyó űrexpedíciók számára. A NASA emberes űrutazási programja többé-kevésbé a más égitesteken, például a Holdon vagy a Marson való állandó letelepedésre koncentrál – noha a hivatalos megnyilvánulások általában még a „letelepedés” kifejezést sem használják. 2004-ben a NASA ambiciózus programba kezdett, amely megkezdte volna az emberes űrrepülések kiterjesztését túl a Föld körüli pályán – kezdetben a Holdra fókuszálva. Néhány éven belül jelentékeny programokba kezdünk annak érdekében, hogy elkészüljenek az űrhajósokat a Holdra és azon túli égitestekre szállító nagy rakéták és űrhajók. A NASA akkori vezetője, Mike Griffin ezt az erőfeszítést „Szteroidokkal erősített Apollónak” nevezte. De hamarosan világossá vált, hogy az amerikai kormány nem fogja biztosítani a szükséges pénzt ahhoz, hogy ezeket a programokat időben befejezhessük. Az Obama-kormányzat nem adta fel ezeket a terveket. Inkább olyan megoldásokat keresett, amelyeket az ország jobban megengedhet magának e célok elérése céljából. Különösen két új területre koncentrált: a magánszektorra bízni a hordozórakéták gyártását, valamint erőteljes műszaki kutatásokat indítani a költségek csökkentésére az ambiciózus program megvalósításához. Most egy ilyen kompromisszumos programmal rendelkezünk, amelynek keretében kormányzati irányítás mellett megkezdtük egy hatalmas hordozórakéta és a hozzá tartozó űrhajó építését – közben azonban mind a magánszektor bevonása, mind az új technológia megvalósítása a NASA céljai között maradt.

Jelenleg több vállalat verseng azon a területen, hogy melyik képes kereskedelmi alapon személyzetet és terhet juttatni a Nemzetközi Űrállomásra. Ez a kereskedelmi hozzáállás nemcsak jelentős pénzt takarít meg, hanem képességeket is kínál. A vállalatok egyike, a SpaceX egy közepesen nehéz hordozórakétát fejleszt Falcon-9 Heavy néven, amely képes több mint 50 tonnát juttatni alacsony Föld körüli pályára.

A NASA közben fenntartja céljai között a távoli űrrepüléseket, és végső soron az idegen égitesteken létesítendő, folyamatosan lakott telepeket. De jelenleg a NASA erőfeszítései főképp az első, viszonylag rövid látogatásokra koncentrálódnak, amelyek célja eleinte valamelyik a Földet megközelítő kisbolygó lehet, majd végül a Mars. (Közben nem utasítja el a Holdat sem, mint közbülső célt.) Azonban egyrészt a pénzügyi korlátok – amelyek nem enyhülnek, mint ez az amerikai sajtóban is olvasható –, másrészt a technikai akadályok miatt jelenleg szinte nem is gondolunk az állandó telepekre, hosszú életű állomásokra idegen égitesteken. De úgy vélem, az érdeklődés és a képesség hirtelen megnőhet, ami radikálisan megváltoztathatja a helyzetet.

Elon Musk, a SpaceX igazgatója nem csinál titkot abból a meggyőződéséből, hogy az állandó marsi telepek létrehozása nemcsak az ő célja, hanem legyen a mienk is. Más, nagyrészt műszaki orientációjú milliárdos vállalkozók láthatólag osztják az ő érdeklődését; legalábbis erről tanúskodnak Jeff Bezos (Amazon.com) és Richard Brandon (Virgin) űrjármű-fejlesztési kezdeményezései. Vajon realiztikusak-e álmaik az emberi telepekről a Marson vagy máshol?

Véleményem szerint a folyamatosan lakott telepek a Marson – valószínűleg magántőkével finanszírozva – megvalósíthatók. Nemrég Központom munkatársai, Chris McKay és John Karcz vezetésével tárgyaltak a SpaceX illetékeseivel, és kimutatták, hogy az ő Falcon-9 Heavy rakétájuk indította Dragon űrhajójuk alig néhány száz millió dolláros, viszonylag szerény összegért leereszkedhetne a Marsra. Bár egy ilyen küldetés embereket még nem szállíthatna, és önmagában nem egy letelepedési akció, a kitzűzött cél világos.

Egy, vagy legfeljebb két évtizeden belül ezek az új, magántőkéen alapuló vállalkozások már telepeket vihetnének a Marsra. Kollégáim előzetes analízise szerint egy kis csapat űrhajós néhány milliárd dollárért ezekkel a hordozóeszközökkel már eljuthatna a Marsra. Állomásuk fenntartása a Marson mintegy milliárd dollárba kerülne évente. Ezek olyan össze-

gek, mint amilyeneket a magántőke egy-egy nagyszabású cél érdekében a Földön is elkölt, beleértve új, földi települések létrehozását. Fontos megjegyezni, hogy ezek egyirányú utazások – de hát a történelem során a legtöbb telepesvándorlás ilyen volt.

Hogyan lehetnek ezek a küldetések valódi letelepülések, és nem öngyilkos vállalkozások? A válasz, szerintem, a szintetikus biológia (SynBio) most fejlődő szakterületéről érkezik. Ahhoz, hogy a telepesek túlélhessék a marsi körülményeket (vagy általában az idegen égitesteken uralkodókat), meg kell tanulniuk a helyi erőforrások hasznosítását, vagy másképpen a Földtől független életmódot. Ez a Földön kívül mindenütt nehéz feladat. Már rendelkezünk olyan eszközökkel, amelyek lehetővé teszik olyan kémiai és termomechanikai géppark létrehozását, amely képes kivonni oxigént, vizet és más szükséges erőforrásokat a Mars talajából. Ezek azonban sajnos nagyok, nehezek és drágák. Emellett elkerülhetetlen, hogy végül lerobbanjanak a Marson, oly módon, hogy nincs mód a bonyolult javítási munka végrehajtására. A SynBio megoldhatja ezt a problémát.

A végső követelmény ahhoz, hogy élhessünk egy másik égitesten: magunkkal kell vinnünk „önmagukat reprodukáló gépeket”. A korábbi gyarmatosító telepesek mindegyike rendelkezett ilyenekkel: tudniillik a magukkal vitt növényekkel és állatokkal. S valójában szinte mindegyiket genetikusan állították elő szelektív tenyésztéssel. De a szelektív tenyésztés évszázadokig tart. A SynBio ezt felgyorsíthatja. Véleményem szerint egy évtizeden belül megszületik annak lehetősége, hogy a Mars telepesei olyan „genetikus írógépet” vigyenek magukkal, amely lehetővé teszi, hogy kezdetben mikrobákat, majd magasabb rendű növényeket és állatokat (esetleg saját magukat is beleértve) alakítsanak olyanná, hogy a Marson vagy máshol mindent, ami a fennmaradásukhoz és hosszú életükhöz szükséges, helyi forrásokból elő tudják állítani.

Talán néhány évtizeden belül az első, valószínűleg magánpénzből finanszírozott és a visszaút lehetőségétől megfosztott telep létrejön a Marson. Kezdetben bebújhatnak ott egy barlangba (a Marsról készült felvételek alapján tudjuk, hogy ilyenek találhatóak a felszínen). A telepesek először még a Földről hozott és megfelelően átalakított mikrobákat használnának arra, hogy a szükséges vizet, oxigént és ételmet kivonják a Mars talajából. Ezeket később a helyszíni tapasztalatok alapján módosítanák. Folytatásképpen olyanokat fejlesztenének, amelyek képesek fémek és más, az építkezéseken szükséges anyagok kivonására. A nagy lakótelepek mellett sor kerülhet olyan életformák kifejlesztésére is, amelyek védelem nélkül is életképesek lennének a Mars felszínén. Ha úgy gondolják, akkor megteremthetnék a Földre való visszatérés eszközeit is. De szerintem inkább arra fognak törekedni, hogy átalakítsák új lakóhelyüket – talán azt kicsit „terraformálva”, de valószínűleg inkább a földi életet a marsi körülményekhez alakítva.

A SynBio kulcsfontosságú előnye, hogy a genom könnyen átalakítható digitális formába. Vagyis, ha az új marslakók valami olyan problémába ütköznek, amit nem képesek egyedül megoldani – például egy váratlan betegség fellépésekor, amire nem volt még gyógyszer, amikor elindultak –, akkor a gyógyszeres megoldás elküldhető a Földről és „kinyomtatható” a Marson. A Földdel való kapcsolat lehetősége alapvető probléma, ha csillagközi utakra és ottani letelepülésre gondolunk!

A DARPA (US Defense Advanced Research Projects Agency, az amerikai hadsereg távlati fejlesztési programokkal foglalkozó ügynöksége) idén szponzorált egy nagyon újszerű tanulmányt, a DARPA 100 Year Starship Projectet (száz éves csillaghajózási terv). Tárgyalások sorozatán a DARPA összeszervezett egy csapatot annak megvitatására, hogy hogyan lehet elindítani és fenntartani egy projektet, amelynek célja egy csillagközi út egy évszázad múlva. Az egyik első összejövetelen a SynBio vezető szakértője, J. Craig Venter felvetette a csillagközi gyarmatosítás előkészítésének egy lehetőségét: küldjünk egy igen kis gépet, amely képes genetikusan kód vételére a Földről, majd e számítógépi program alapján a helyi erőforrásokból élő organizmusok előállítására.

Következtetések

Az 1980-as években a NASA létrehozta asztrobiológiai programját és a NASA Asztrobiológiai Intézetét. Első igazgatója a Nobel-díjas Barry Blumberg volt. Barry inspiráló hatással volt rám és a NASA-ra. Ez év elején eltávozott az élők sorából. A NASA asztrobiológiai programja három alapvető kérdéssel foglalkozik: (1) Hogyan keletkezett és fejlődött az élet? (2) Van-e élet a Földön kívül, és ha igen, akkor hogy tudjuk megtalálni? (3) Mi az élet jövője a Földön és az Univerzumban? Véleményem szerint közel állunk ahhoz, hogy mindhárom kérdésre válaszolni tudjunk – ami barátom, Berry Blumberg emlékét szolgálja majd. Talán a legfontosabb a harmadik kérdés: mi az élet jövője az Univerzumban? Szerintem mi vagyunk az élet jövője az Univerzumban, és mindaz, amit teszünk, és amivé válunk a következő évtizedekben. A NASA mindenkinek, aki vállalkozik erre, szerencsés utat kíván. Valóban: szerencsés utat emberiség!

A fordító megjegyzései

Nyilvánvaló, hogy ez a cikk több olyan elképzelést is tartalmaz, amelyek merész sci-fi regényekben szoktak szerepelni. Mielőtt az igényes olvasó legyint egyet ezekre, és a szerzőt a nagy fantáziájú, de mélyebb tudományos és műszaki ismeretekkel nem rendelkező dilettánsnak véli, ajánlom, hogy vegye figyelembe az alábbiakat.



A szerző. Simon Pete Worden jelenleg az egyik legjelentősebb NASA kutatóközpont, a kaliforniai Ames Research Center igazgatója. Ezen a központon belül található a NASA Asztrobiológiai Intézete is. Összesen mintegy 2500 beosztottja van, és évi 800 millió dolláros költségvetés felett rendelkezik. Korábban az Arizonai Egyetem csillagászati, optikai és bolygótudományi tanszékének kutató professzora volt. Feladata főleg a nagy űrtávcsövek tükreinek (mind civil, mind katonai célú) fejlesztése volt. Több mint 150 asztrofizikai, űrtudományi és stratégiai tanulmány szerzője vagy társszerzője. Két NASA űrtudományi misszió társszervezője volt. 2004-ben dandártábornokként ment nyugdíjba az USA légi-erőktől. Ebben az időben a kongresszus űrügyekben illetékes bizottságának tanácsadója is volt.

Az előadás helye. Az évente megrendezésre kerülő nemzetközi asztronautikai kongresszusokon mindig sor kerül egy kétnapos SETI szimpóziumra. Ennek első napján főleg műszaki, második napján más természetű előadások hangzanak el. Mindkét nap programját egy-egy meghívott előadás vezeti be: az első a Pesek lecture, a második a Billingham Cutting Edge Lecture. Worden ezen utóbbira kapott felkérést a 2011 októberében, Fokvárosban megrendezett kongresszuson. Előadásában, mint látható, nem is említi a SETI kutatásokat, viszont áttekinti az exobolygók felfedezésére irányuló NASA űrprogramokat, az emberes űrrepülések perspektíváit, és eljut egészen a csillagközi utazásokig. (Még mindig érvényes a tiltás, hogy a NASA nem támogathatja a SETI kutatásokat.) Az alkalom, hogy a témában járatos, ismert szakemberek előtt beszélt egy nemzetközi fórumon, mégpedig nem a „hivatalos NASA”, hanem a saját nevében, mindenképpen indokolja, hogy az elmondottakat (és a cikkben megjelöltek) komolyan figyelembe vegyünk.

Landolj egy üstökösön! – avagy egy űrkutatást népszerűsítő projekt tesztelése

Lang Ágota

Széchenyi István Gimnázium, Sopron

2010-ben a soproni Széchenyi István Gimnázium 9.A osztálya részt vett a Rosetta's Comet Touchdown nemzetközi projektben. Ennek célja az űrkutatás népszerűsítése egy konkrét küldetésen, a Rosetta űrszondán keresztül. Ezzel együtt természetesen képbe kerülnek az üstökösök, mint a szonda által kutatott égitestek. A projekt újítása, hogy három tevékenységi területet kínál a résztvevő csoportoknak: a szokásos tudományos megközelítés mellett a művészeti/történeti oldalát is választhatják a kevésbé természettudományos érdeklődésűek, míg a kreatívabb, gyakorlati érzékkel rendelkező diákok az építés/programozás terén bontakozhatnak ki. A cikk bemutatja, hogy mit is alkottak a fiatalok a projekt keretében, különös tekintettel a leszállóegység makettjének megépítésére.

Előzmények

Iskolánkban 2007 óta működik robotika szakkör, amely részt vesz a Bérczi Szaniszló vezette *Hunveyor-HUSAR* projektben. Ennek keretében elsősorban „HUSAR”-okat, vagyis önálló működésre képes rovereket építünk részben LEGO-ból, és programozzuk azokat az NXT téglá („agy”) segítségével. Egy ilyen rovert mutathattunk be az EPSC* konferenciáján 2010 őszén. Itt tartotta Maarten Roos, az egyik ötletgazda a projekt főpróbáját római főiskolásokkal. Mivel a landert LEGO-ból építették meg, rögtön felfigyeltem az új lehetőségre. Mikor pedig megtudtam, hogy pontosan miről is szól, eldöntöttem, hogy ebben mi is szeretnénk részt venni. Különösen a három tevékenységi terület tetszett, mert úgy gondoltam, hogy aki ezek közül nem tud olyat választani, ami érdekli, akkor az nem is akar. Azt is tudtam egyből, hogy melyik osztály lesz a kiválasztott: egyrészt a robotikában való jártasság, másrészt a fizika tananyaghoz való kapcsolódás is a 9.A osztály mellett szólt.



* European Planetary Science Congress

Készülődés

Miután a célcsoportot kijelöltem, magam mellé vettem a csapat osztályfőnökét, Robotka Csabát, aki történelemtanárként a történeti oldalt erősítette. Úgy gondoltuk, hogy igyekszünk egy kis magyar színezetet adni a projektnek. Ennek a tudományos oldalán az adott alapot, hogy a Rosettán több magyar eszköz is repül. A művészet/történet területén is igyekeztünk magyar vonatkozású témákat keresni. Ötleteket egyébként kaphattunk volna a projekt honlapján található „interdiszciplináris” feladatlapot olvasgatva is, de szerencsére nem voltunk híján a saját elképzeléseknek. Közben lezajlott egy videókonferencia Maarten-nal, és 2011 februárját jelöltük ki a projekt időtartamának. Ezután megkezdtem a kapcsolatfelvételt azokkal a tudósokkal/mérnökökkel, akik kapcsolódtak a Rosetta misszióhoz. Három intézményben folytak/folynak ilyen munkák: a BME Űrkutató Csoportjánál, a KFKI RMKI illetve a KFKI AEKI intézetekben. Ezúton is köszönöm rendre Szimler András, Szalai Sándor és Apáthy István kedvességét, akik egy-egy szombati napjukat áldozták arra, hogy bemutassák nekünk csoportjuk munkáját. Segítségükkel ismerkedhettek meg a fiatalok a szonda energiaellátását biztosító egységgel, a vezérlő és adatgyűjtő rendszerrel, illetve a DIM és SPM rövidítések is értelmet nyertek.

A munka dandárja

Közben az osztály tagjai nagyjából egyenlő arányban oszlottak el a három tevékenység között, és a LEGO Team kivételével 2-3 fős csoportokat alkottak. Kialakultak a csoportok feladatai is. Február végére körvonalazódott, hogy egy hónap nem elegendő a projektre. A fizikaórákat és az informatikaórákat ebben a hónapban a célnak szenteltük, de a LEGO Team és az animációt készítő csapat rendszeresen túlórázott délutánonként. Márciusban már a többiek is. Ugyanis a projekt során végzett munkával illetve annak eredményével egy „Rosetta-napon” gondoltuk megismertetni az iskola diákjait. Ennek időpontját 2011. április 12-re, az Űrhajózás Napjára tűztük ki. Programja tükrözi legjobban, hogy mivel is foglalkozott a 9.A osztály az elmúlt időszakban:

- Szabó Dávid – Szekeres Dániel: Amit az üstökösökről tudni illik
- Luksander Dóra – Paukovits Anda: Hogyan jelenik meg az üstökös a magyarság kultúrájában?
- Horváth Bence – Takács Péter: Hogyan vélekedtek az ókorban és középkorban az üstökösökről?
- Csitkovics Vivien – Szeder Dóra: A Rosetta űrszonda és leszállóegységének elnevezéséről
- Bartók Nóra – Egresits Bettina – Doba Fruzsina: A csoport pólójának bemutatása
- Horváth Dennis – Jakubovics Gábor – Köveskúti Ádám – Tóth Máté: A Rosetta űrszonda feladata és műszerei, különös tekintettel a magyar eszközökre és eljárásokra
- Kubinszky Áron: A fenti témáról készült poszter bemutatása
- Balogh Enikő – Nickl Eszter – Szalay Zsófia: A Rosetta útja a Földről a Csurjumov–Geraszimenko-üstökösig – Imagine Logo programmal készült animáció
- LEGO Team: A Rosetta űrszonda leszállóegységének LEGO-ból épített makettje landol a díszteremben
- Csepreghy András: A projektet megörökítő kisfilm levetítése

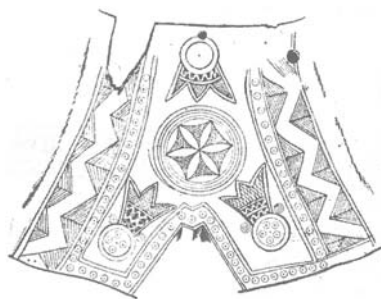
A nyitó előadást Bacsárdi László, a MANT főtitkára tartotta, illetve az eseményt jelenlétével megtisztelte Bencze Pál professzor úr is.

ROZI

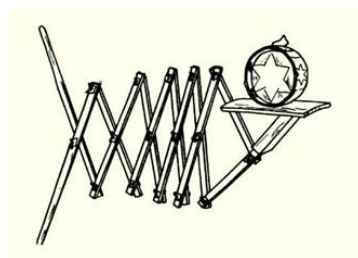
A következőkben megemlítek néhány érdekességet a történet kategóriából, illetve részletesen bemutatom ROZI-t, „aki” egy ízig-vérig magyar leszállóegység modellje.

A Robotka tanár úr vezette csapat egyrészt üstökös-motívumokra akadt löporos szarukon. Ők ezt úgy értelmezték, hogy a puskaporról kilőtt lövedéknek olyan sebességet kívántak elődeink, hogy úgy száguldjon, mint egy üstökös. Több vidékről is sikerült ilyen mintákat begyűjteniük, főleg Erdélyből.

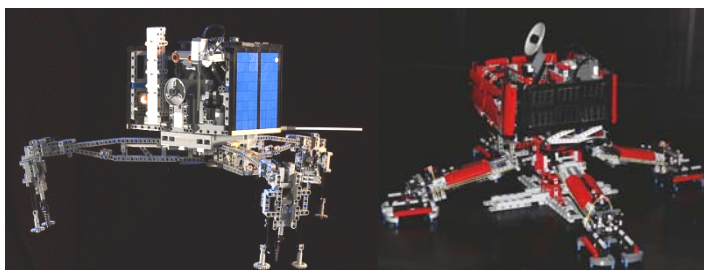
A másik érdekesség egy népi hagyományhoz kötődik. Régebben nem csak a betlehemezés volt szokásban karácsony előtt, hanem vízkeresztkor is körbejárták a fiatalok a házakat az úgynevezett csillagrúgatóval. Ez az elmés kis szerkezet, ahogy összecukott állapotából kinyitják, az üstökösre emlékeztet, amint a csóvját húzza. Számkunkra azért is fontos ez az eszköz, mert tökéletesen ugyanezen elven működnek ROZI-n a szenzorokat leeresztő mechanizmusok.



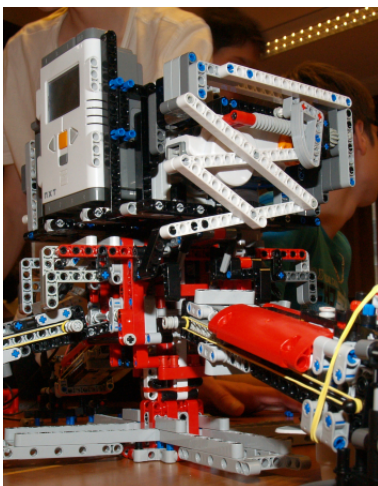
Lőporszaru üstökös motívummal



Csillagrúgató



A LEGO által készített lander és ROZI

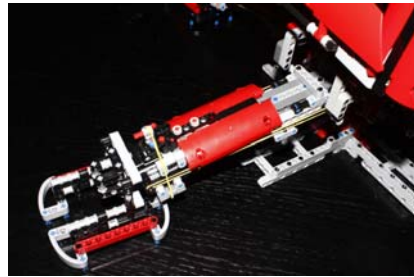


Szenzor leeresztő szerkezet

Ezzel az eszközzel tehát már át is kerültünk ROZI-ra, aki nem csak a neve miatt eredeti magyar. Ugyanis tervezői azt mondták, hogy meg sem nézik a videót a LEGO által készített landerről, hiszen sok alkatrészrel nem is rendelkezünk, hanem abból gazdálkodnak, ami van: egyrészt a LEGO-s dobozokban, másrészt a fejükben, szürkeállomány formájában. Így hát ROZI-nknak 4+1 lába van az egyébként szokásos 3 helyett, a boxa négyszögletű, míg a Rosetta-landeré (akit egyébként Philae névre kereszteltek el egy, az egyiptomi Rosetta környékén található templom után) hatszögletű, és szenzorokból is az került bele, ami kéznél volt, illetve amit el tudtunk készíteni.

A lábakra visszatérve: a középső láb – amelyen egyébként a box úgy forog, mint az a bizonyos kastély a kacsalábon – rugós megoldású, így lando-

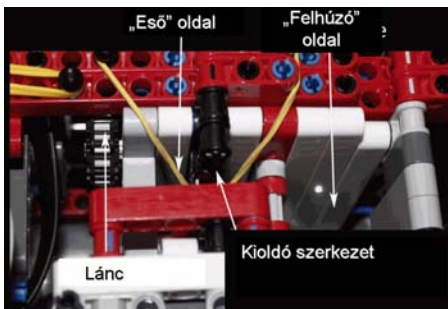
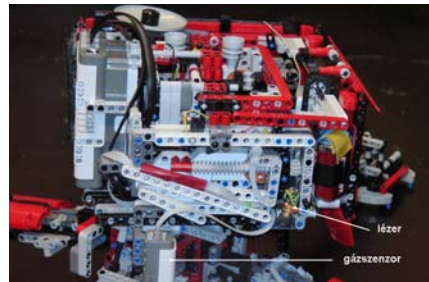
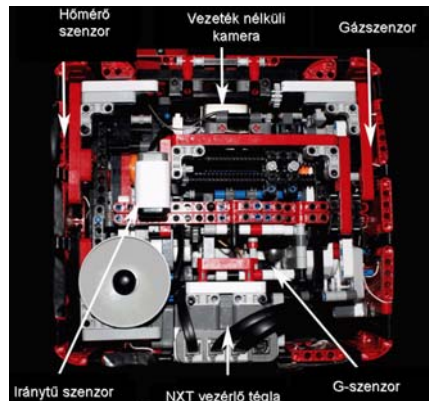
laskor csökkenti a becsapódási sebességet. Amikor a négy láb – amelyek addig be-, pontosabban felhúzott állapotban utaztak – a földhöz csapódik, egy gumis mechanizmus kiold, így a lábakból még kicsúszik egy további rész, megkétszerezve annak hosszát. A visszacsúszást néhány pöcök a megfelelő helyen megakadályozza. Ezzel a lander szinte teljesen stabilizálja a helyzetét; arról pedig, hogy egyenetlen talajon is minél inkább vízszintben tudjon maradni, a „tappancsok” gondoskodnak. Ezek két részből állnak, amelyek között kb. 2–3 cm-es magasságkülönbség is lehet. Miután mindez megtörtént, kinyílik a vezeték nélküli kamerát védő panel és a kamera körbenéz. Ez azt jelenti, hogy a box körbefordul, mert a kamera a boxon belül nem tud elmozdulni.



Összecsukott láb és tappancs

ROZI szenzorai:

- A legegyszerűbb az irányító-szenzor, ami eredeti LEGO-szenzor. Segítségével a box befordul É-D irányba.
- A hőmérő szenzor már saját készítésű és LEGO-kompatibilissá tett műszer. Utóbbi azt jelenti, hogy az NXT-hez kapcsolható, ami egy speciális csatlakozót feltételez. Egyébként egy kisméretű termisztort használunk, amelyen a feszültségváltozást figyeljük a megfelelő szenzorporton és a mért értéket az NXT képernyőjére kiírhatja a program.
- A gázszenzort először is betokozták a LEGO-mikrofon dobozkájába, ezzel a csatlakozása megoldást nyert. Működése ellenállás-változáson alapszik, de szerencsére erre érzékeny szenzorporttal is rendelkezik az NXT. Először egy lézert lép működésbe, fenye felmelegíti a felszínt a leengedett szenzor közelében. Majd az így kiszabaduló gázok közül a hidrogént, szén-dioxidot és metánt ismeri fel a szenzor, az észlelt gázok nevét a program megjeleníti az NXT képernyőjén.



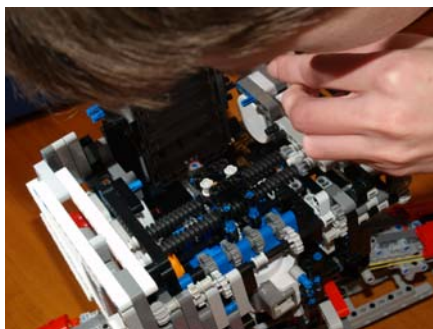
A g-szenzor két aknája

- A g-szenzor a LEGO-szenzorok közül a nyomásérzékelőt használja. Alapvetően a mérés a szabadesés törvényén alapszik: az út ismeretében az időt mérve a gravitációs gyorsulás kiszámítható. Egy golyó esési idejét méri a program az indítástól a nyomásérzékelő benyomódásáig. Ezt sajnos földi körülmények között nem tudjuk tesztelni az idő rövidsége miatt, de az űstökösön a g értéke akár nagyságrendekkel kisebb is lehet, így ott az idő viszonylag pontosan mérhető lenne. A tervezők újítása az, hogy ezt a mérést nem csak egyszer

lehet elvégezni, mert a leesett golyót egy láncszerkezet visszahúzza az eredeti helyére. Ezt két aknával oldották meg: az egyikben leesik a golyó, átgurul a másik alá, ahol felhúzzák. Ez azért lenne érdekes a valóságban, mert ha rendelkezünk adatokkal az üstökös méretére vonatkozóan, pl. az orbiter fényképei alapján, akkor a g értékéből ki lehet számolni az üstökös tömegét. Ez azonban napközbe érve a folyamatos anyagkiáramlás miatt változik, amit a g méréséből nyomon lehetne követni.

Milyen mozgásokat/mozgatásokat kellett megoldani?

- kamera előtti panel kinyitása
- a box körbeforgatása
- egy szimbolikus parabolaantenna kinyitása
- hőmérőszenzor leengedése a felszínre
- gázszenzor leengedése
- g -mérő kioldójának működtetése illetve a golyó visszahúzása



A multiplexor két tengelye

A probléma ott jelentkezett, hogy az NXT csak három motorporttal rendelkezik. Ezt a csapat egy multiplexorral oldotta meg, ami nem a bemenetek számának megtöbbszörözését jelenti (amire egyébként létezik LEGO-elem), hanem a meghajtást juttatja el a megfelelő helyre rengeteg áttételt alkalmazva. Így a motorok beosztása a következő: egy motor forgatja a boxot, két motor pedig 7 különböző áttételt hajt.

A fenti műveletekből ROZI koreográfiája a következő a leszállás után: körbenéz a kamera, majd a box olyan állásba fordul, hogy a hőmérőszenzor két láb között éppen le tudjon ereszkedni. A mérés után a szenzort felhúzza, majd a box továbbfordul és most a gázszenzor lép működésbe a lézerral együtt. Miután a gázszenzor is visszatért eredeti helyzetébe, az iránytűszenzor segítségével eltekint a kamera északra, majd délre. Végül a g mérése következik. Majd a box visszafordul kezdeti helyzetébe és a méréssorozat kezdődhet előről. A mért értékek nem csak az NXT képernyőjén jeleníthetők meg, hanem bluetooth-on keresztül át lehet őket küldeni egy laptopra, amelyen a kamera képét is figyelhetjük. Ez a laptop jelképezné az orbiter vagy a földi állomás számítógépét.



A csapat pólója a Rosetta elnevezés eredetére is utal

Sajnos a LEGO Team anyagi okokból nem tudott elutazni a 2011-es EPSC-re, bár a beküldött absztraktot elfogadták. Szerencsére Maarten Roos jóvoltából ROZI posztere kifüggesztésre került, így Európa is megtudhatta, hogyan képzelel néhány magyar diák az üstökösök meghódítását.

A projekt leírása megtalálható az alábbi honlapon:
www.vimeo.com/channels/rosettascomettouchdown



Leszállás előtt...



...és leszállás után

Bolygótudományi Nap

Az ELTE Planetológiai Műhely és a MANT 2010. március 19-én rendezte Budapesten a *Bolygótudományi Napot*. Az egész napos eseménynek az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Természettudományi Kara (TTK) adott otthont. A délelőtt 10 órai kezdésre nem csak hogy megtelt a lágymányosi épület alagsori nagy konferenciaterme, de a mellette levő másik terem is: több mint hatszázan – főleg középiskolás és egyetemi diákok – voltak kíváncsiak az előadásokra. A későn érkezőknek már csak állóhely jutott. Szerencsére a másik teremben is követhették az eseményeket egy nagy kivetítőn, a Galileo Webcast élő internetes közvetítése segítségével.

A Bolygótudományi Napot Michaletzky György, a TTK dékánja nyitotta meg, majd Sik András, a rendezvény fő szervezője mondott bevezetőt és mutatta be a tavaly alakult Planetológiai Műhelyt. A szakmai előadások sorát Illés Erzsébet kezdte, bemutatva a Föld, mint bolygó különlegességeit. Timár Gábor a földfelszínről készült műholdfelvételekről beszélt. Hargitai Henrik a Naprendszerben található különleges és változatos felszínformákkal ismertette meg a hallgatóságot. Az első szünet előtt Horváth Ferenc a lemeztectonikáról tartott előadást.

A szervezők számos ajándékkal – például Mars-térképpel, folyóiratokkal, információs anyagokkal – kedveskedtek a regisztrált résztvevőknek. Lehetőség volt holdközetek és meteoritok mikroszkópos vizsgálatára. Sokan töltötték ki a bolygótudományi totót is.

Az előadás-sorozat második felvonásában szó esett a Mars kutatásának legújabb eredményeiről (Sik András), a marsi sziklageccserekről (Orgel Csilla), barlangokról (Deák Márton). Kereszturi Ákos előadásában az asztrobiológiát mutatta be, s összefoglalta, hogyan próbálunk az élet nyomaira bukkanni máshol a Naprendszerben.

Bacsárdi László, a MANT főtítkára röviden bemutatta az űrkutatás népszerűsítéséért dolgozó szervezet működését. Ezután Solymosi János elnökkel együtt átadták a MANT diák-pályázatának, tanári pályázatának és logópályázatának a díjait (*részletesen ld. később*).



A díjátadás után kapott szót Lantos László és Rumi Tamás (képünkön), akik a MANT-nak ajándékozták azt a nemzeti színű szalagot, amelyet kérésükre Charles Simonyi legutóbbi űrrepülése során magával vitt a Nemzetközi Űrállomásra.

(Fotó: Czitrovsky Balázs)

A szünetben a MANT tablóin megtekinthetők voltak a diákpályázatra beérkezett legjobb pályamunkák. A társaság egy éves ingyenes tagságot ajánlott fel a helyszínen belépőknek, valamint pályázatai résztvevőinek. Itt hirdettük meg azt is, hogy a MANT 2010. július 4–10. között Gyomaendrődön űrtábort rendez a fiatalok számára, amire már lehet is jelentkezni.

A Bolygótudományi Nap végéig kitartó hallgatóság megismerhetett a Marsra és a Phobosra indítandó űreszközökkel (Horváth András), a magyar Hunveyor egyetemi gyakorló űrszondákkal (Bérczi Szaniszló), a hazai részvétellel az ESEO európai egyetemi műhold építésében (Kocsis Gábor), a MaSat-1 első magyar egyetemi kisműhellyel (Horváth Gyula). Vizi Pál Gábor bemutatta a „Magyarok a Marson” űrszondaépítő versenyt. A bolygótudományi totó eredményhirdetését követően Both Előd, a Magyar Űrkutatási Iroda vezetője zárta a rendezvényt.

Az ELTE Bolygótudományi Nap fő támogatója az *InfoPark Alapítvány* volt.

Ugródeszka: a Hold – diákpályázatunk eredménye

A MANT 2009-ben meghirdetett és 2010. február 10-én lezárult hagyományos diákpályázatán újtásként nem csak a korábbi években szokásos esszéírásban mérhették össze a diákok a tudásukat, hanem más izgalmas feladatokban is. Továbbra is lehetett természetesen dolgozatot írni, de a választható feladatok közt szerepelt grafika, poszter készítése, tervezési munka, valamint egy kérdéssor megválaszolása is. Az pályázat témája – **Ugródeszka: a Hold** – kapcsolódott a holdraszállás 40. évfordulójához, de egyúttal napjaink űrkutatásának egyik aktuális kérdéséhez is: térjenek-e vissza űrhajósok a Holdra, illetve mi legyen a Naprendszer felfedezésének következő állomása.

A MANT az „*Informatika a Látássérültekért*” Alapítvánnyal közösen idén először vak és gyengénlátó pályázókat is jutalmazott, külön kategóriában értékelve munkáikat.

A határidőig 62 pályázó 68 pályaművet küldött be elektronikus formában, a MANT honlapján erre a célra megnyitott felületen. A legjobbakat ünnepélyes keretek közt március 19-én, az ELTE Bolygótudományi Napon jutalmaztuk. A pályázat eredménye:

11–14 éves korcsoport

1. Szabó Pál – Fundamentum (Győr)
2. Balázs Gergő – Szabó Lőrinc Két Tannyelvű Általános Iskola és Gimnázium (Budapest)
3. Strabán Márkó – Tetz Alapfokú Művészetoktatási Intézmény (Cegléd)

Különdíj:

Simándi Gergő – Igazgyöngy Alapfokú Művészetoktatási Intézmény (Berettyóújfalu)

15–18 éves korcsoport

1. Hanyecz Ottó – Szilágyi Erzsébet Gimnázium (Budapest)
2. Simonfi Noémi – Könyves Kálmán Gimnázium (Budapest)
3. Varga Bence – Bánki Donát Gimnázium és Szakközépiskola (Dunaújváros)

Különdíj:

Kompár Zsolt – Baross Gábor Szakképző Iskola és Kollégium (Debrecen)

Tasci Zeynep – Erkul College (Kocaeli, Törökország)

Látássérült kategória

1. Velegi István – Scheiber Sándor Gimnázium és Általános Iskola (Budapest)
2. Ócsvári Áron – Neumann János Számítástechnikai Szakközépiskola (Budapest)
3. Berki Benedek – Teleki Blanka Gimnázium (Székesfehérvár)

Különdíj:

Mészáros Martina – Gyengénlátók Általános Iskolája (Budapest)

Nagy Nándor Patrik – Gyengénlátók Általános Iskolája (Budapest)

Péter Tamás – Gyengénlátók Általános Iskolája (Budapest)

Rózsa Nikoletta – Scheiber Sándor Gimnázium és Általános Iskola (Budapest)

Nem tudunk volna jutalmazni ennyi diákot támogatók nélkül. Kiemelt támogatóink volt a Magyar Űrkutatási Iroda. Az eredményhirdetés szponzorai továbbá: az Élet és Tudomány folyóirat szerkesztősége, a Galaktika folyóirat szerkesztősége, az „Informatika a Látássérültekért” Alapítvány, a Magyar Csillagászati Egyesület, az M-érték Kiadó, a Nemzeti Tankönyvkiadó Zrt., az [origo] Tudomány rovata, az Űrvilág.hu űrkutatási hírportál, a Természet Világa folyóirat szerkesztősége és a Vince Kiadó.

A pályamunkákat értékelő zsűri névsora: Apáthy István, Dr. Both Előd, Dr. Frey Sándor, Dr. Gödör Éva, Dr. Hirn Attila, Dr. Kelemen János, Kovács Zsuzsanna, Dr. Mika János, Sik András, Spányi Péter, valamint az „Informatika a Látássérültekért” Alapítványtól Szatmári Péter és Szuhaj Mihály.

Tanári pályázatunk eredménye

A MANT a 2009/2010-es tanévre szóló diákpályázattal egy időben, 2009 őszén *Tanári pályázat a 2010-es Nemzetközi Űrtáborba* címmel tett közzé felhívást magyarországi általános és középiskolai tanárok számára. A cél az volt, hogy a diákpályázat 15–18 éves korcsoportjában győztes két győztes diákot (a legjobb fiút és leányt) 2010-ben először olyan magyarországi tanár kísérhesse az Egyesült Államokba, a Nemzetközi Űrtáborba, akit a MANT a felhívására jelentkező pedagógusok közül választ ki. A kísérő Huntsville-be érve a gyerekektől külön, egy tanári űrtáborban vesz részt. Itt az élmények mellett az űrkutatással, annak az oktatásban való hasznosításával kapcsolatos ismeretekhez is jut. A korszerű módszertani ismereteket aztán saját munkája során alkalmazhatja, itthon továbbadhatja.

Az első tanári pályázatra 2010-ben hét pályamű érkezett. A pályázatokat elbíráló zsűri tagjai Bacsárdi László, Dr. Both Előd, Dr. Gödör Éva és Sik András voltak. Az eredményeket ugyancsak a Bolygótudományi Napon hirdettük ki.

A zsűri javaslata alapján a 2010-es esztendőben a huntsville-i Nemzetközi Űrtáborban tanárként **Kuczik Júlia** (Sátoraljaujhely) képviselhette Magyarországot. A jelentkezők közül **Szjártó Sándor** (Kecskemét) nyerte el a lehetőséget, hogy a következő évben, 2011-ben részt vehessen a nemzetközi tanári űrtáborban, az Alabama állambeli Huntsville-ben.

A MANT logópályázata

A MANT 2010 januárjában nyilvános pályázatot hirdetett új logójának megtervezésére. A pályázóktól olyan grafikai alkotást vártunk, amely modern, kreatív és igényes formában szimbolizálja a társaság tevékenységét, célkitűzéseit.

Nagy örömünkre 49 színvonalas pályamunka érkezett. A legjobbakat március 19-én az ELTE Bolygótudományi Nap keretében jutalmaztuk, a terveket pedig a helyszínen kiállítottuk. (A munkákat értékelő zsűri névsora: Bán András, Dr. Frey Sándor, Horvai Ferenc, Sik András, Dr. Tari Fruzsina.)

A pályázat első három helyezettje és logóterveik:

1. Kocsis Gábor



2. Fogarasy Tamás



3. Balaton Marcell Balázs



Rendezvény az első magyar űrrepülés 30. évfordulója alkalmából

A MANT és a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum rendezvényén, május 13-án délután megtelt a múzeum városligeti épületének konferenciaterme. Baráti hangulatban emlékeztek vissza a három évtizeddel ezelőtt történt eseményekre az akkori résztvevők. Az érdeklődők közt olyan fiatalok is voltak, akik 30 éve, a szovjet–magyar űrrepülés idején még meg sem születtek. Sokan jelentek meg természetesen azok közül is, akik annak idején aktívan részt vettek az események előkészítésében, a tudományos kísérletek szervezésében, végrehajtásában, értékelésében. Közülük lényegében mindenki szót is kapott, hogy röviden felleveníthesse: hogy került az adott tudományos kísérlet a programba, mik voltak a nehézségek és az eredmények, s hogy a munkának mik a máig követhető hatásai. A találkozó egyik fontos „üzenete” éppen az volt, hogy a ma Magyarországon folyó űrkutatási szakmai kutató-



fejlesztő tevékenység egy jelentős része egészen Farkas Bertalan űrrepüléséig vezethető vissza. Szinte minden akkori kutatóprogramnak (talán az űrételek előállítását célzó, a maga idejében igen sikeres élelmi-szeripari kutatások kivételével) megvan a mai folytatása.

A beszámolók mellett – amelyek során szó esett a Pille dozimétról, a vírusellenes szer űrbeli előállítását célzó Interferon kísérletről, a repülő- és űrorvosi kutatásokról, az űrhajósok munkavégző képességének vizsgálatára megalkotott Balaton műszerről, az Eötvös és BEALUCA anyagtudományi kísérletekről, vagy a föld-, víz- és levegő-megfigyelési programról – elhangzottak természetesen érdekes személyes történetek, anekdoták is. Hiszen egy valódi „hőskor” volt ez, amikor gyakran szinte a semmiből, előzetes űrkutatási tapasztalat nélkül és igen rövid határidővel kellett versenyképes ötletekkel előállni, s utána olyan berendezéseket alkotni, amelyek kiállták a próbát. Bármennyire is propagandacélúaknak születtek annak idején a szocialista országok Interkozmosz együttműködése keretében szervezett nemzetközi űrutazások, szó sem lehetett arról, hogy a végül megvalósult lehetőség mögött ne álljon komoly szakmai teljesítmény. Mégis csak igazi űrrepülésekről volt szó, s a szovjet partner is megkövetelte a lehető legszínvonalasabb munkát. A találkozó résztvevőinek egybehangzó véleménye volt, hogy napjainkban is igen nagy szükség volna egy olyan programhoz való csatlakozásra, az Európai Űrügynökségbe való belépésünkre, ami „kihozná” a magyar űrkutatók közösségében rejlő képességeket!

A szakmai előadásokat és visszaemlékezéseket remekül színesítették azok a beszámolók, amelyeket az események közvetítésében részt vevő újságírók, televíziósok tartottak. Ma már szinte hihetetlennek hangzott, hogyan kellett egyensúlyozniuk egyrészt a tájékoztatás igénye, másrészt a szovjet részről katonai titokként is kezelt információk között. Külön csemege volt az a rövid filmösszeállítás, amely végül sosem mehetett adásba a Magyar Televízióban, de bemutatta a tévések küzdelmét a korabeli körülményekkel és technikai nehézségekkel. A magyar tévénezők végül a Szojuz-36 startját másfél óras „beépített” időkéséssel követhették a képernyőn.

A találkozón megjelent és köszöntötte az egybegyűlteket Farkas Bertalan űrhajós is. Néhány emlék felidézése mellett szólt arról, hogy a 30. évforduló megünneplésére május

végén számos programot terveznek Budapesten és vidéken is. Meghívására több űrhajós is Magyarországra látogat majd.

Harminc év hosszú idő. Szinte bizonyos, hogy ez volt az első magyar űrrepülés utolsó olyan kerek évfordulója, amikor az akkori aktív résztvevőket még ilyen szép számban össze lehetett hívni egy közös emlékezés-re. Sajnos most is voltak már olyanok, akik nem tudtak eljönni. A beszélgetésről szerencsére hang- és videófelvevételek is készültek, így minden remény megvan arra, hogy az utókor számára is megmaradnak ezek az élmények, információk.



Farkas Bertalan beszél, mellette jobbra Almár Iván, a találkozó ötletadója és fő szervezője. (Fotók: Trupka Zoltán)

Úrtábor 2010 – Gyomaendrőd

Gyomaendrőd városában július 10-én, szombaton reggel véget ért a MANT 2010-es Úrtábor. A július 4-én, vasárnap délután kezdődött táborban összesen 39 diák vett részt. Közülük 3 fiú volt „helyi”, kettőt a tábor helyszínét is biztosító gyomaendrői Kner Imre Gimnázium, Szakközépiskola és Kollégium támogatott. A résztvevők közül 8 lány volt. 6 diák (plusz egy tanár) érkezett határainkon túlról – így Felvidék, Kárpátalja és Délvidék is képviselve volt az Úrtáborban.

Vasárnap este Dr. Kovács Béla, a Kner Imre Gimnázium, Szakközépiskola és Kollégium igazgatója, Solymosi János, a szervező MANT elnöke, valamint Zombori Ottó táborvezető nyitotta meg a tábort. Péntek este Várfi András gyomaendrői polgármester fogadásával (főzőmester által készített finom halászlével) kezdődött a tábor zárása, amit a csapatvetélkedő második fordulója, valamint közel egy órás táborzárási ceremónia fűszerezett.

A tábor egy hete alatt tucatnyian tartottak előadásokat. Vasárnap este ismerkedési csapatjátékok, hétfő reggel leszállóegység-tervezés, hétfő délután roverezés és vízirakéta-építés valamint rádiózás, kedd délután robotrepülőzés és vízirakéta-indítás, csütörtök délelőtt sportvetélkedő, péntek délelőtt és délután pedig csapatvetélkedő biztosította a csapatverseny hangulatát. A négy versenyző csapat – Ciolkovszkij, Galilei, Kepler és Newton – közül végül a Galilei-csapat érte el a legtöbb pontot.

Vasárnaptól péntek estig az úrtáborozók szorgalmasan figyelték a Nemzetközi Űrállomás átvonulásait (már amikor nem takarta felhő az eget), és többször előkerült Zombori Ottó távcsöve is. Az alföldi tájjal is megismerkedtek. Hétfő délelőtt az endrői tájházat nézték meg, csütörtök délután a gyomai fürdőben, péntek délután pedig a Pájer-strandon lubickoltak. A szerdai nap pedig egy egész napos szarvasi kirándulásé volt, hajózással, nemzeti parkkal, ebédrel, szárazmalommal és nagyon finom főzött fagyalalttal.

A táborzárón minden résztvevő fiatal emléklapot kapott, valamint a Természet Világa *Földközelen a világűr* különszámát és a MANT frissen megjelent *Úrtan évkönyv 2008-2009* kiadványát. Jutalmat kaptak a csillagászati/űrkutatósi totó csapatonkénti legeredményesebb kitöltői, a határon túli fiatalok, a legfiatalabb fiú és a legfiatalabb lány (egy-egy nagy aján-

dékcsoport). Az úrtábor „nagykövetéül” Tóth Mátét választották, aki a következő táborig látja el ezt a tisztséget.

A tábor fő támogatói voltak: BHE Bonn Hungary Kft., Gyomaendrőd Város Önkormányzata, Kner Imre Gimnázium, Szakközépiskola és Kollégium, Körös-Maros Nemzeti Park Igazgatósága, Pájer Kemping és Strand, Magyar Űrkutatási Iroda, Természet Világa szerkesztősége, Élet és Tudomány szerkesztősége – és még sokan mások...

(Bacsárdi László)

Az Úrtábor kitűnő hangulatát visszaadó fényképek megtekinthetők a MANT honlapjának Képgaléria rovatában (picasaweb.google.com/mantkepek/Urtabor2010)

Nemzetközi Úrtábor 2010 – Huntsville

Ebben az évben is két középiskolás diák, valamint tanár kísérőjük képviselte hazánkat (és a MANT-ot) az amerikai Nemzetközi Úrtáborban. Az esemény július 24–30. között zajlott Huntsville-ben, Alabama államban. *Hanyecz Ottó*, a budapesti Szilágyi Erzsébet Gimnázium, valamint *Simonfi Noémi*, a budapesti Könyves Kálmán Gimnázium tanulója a MANT űrkutatási diák-pályázatán nyerte el az úrtábori részvétel lehetőségét. A Társaság minden évben egy felnőt kísérőt is biztosít a diákoknak, aki – kísérőszerepe mellett – az amerikai Huntsville városában egy nyolcnapos, amerikai és nemzetközi tanároknak szóló űrkutatási továbbképzésen vehet részt. Most először a MANT a kísérő kiválasztására is pályázatot hirdetett a magyarországi tanárok körében. Ezen *Kuczik Júlia* (Magyar–Szlovák Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola és Kollégium, Sátoraljaújhely) bizonyult a legjobbnak, így ő kísérte a fiatalokat Amerikába.

Az úrtábor programja során a diákok megismerkedtek az űrkutatással és az emberes űrtevékenységgel, kipróbálhatták magukat űrhajósoknak szóló szimulátorokban (sétálhattak holdi gravitációban, vezethették az amerikai űrrepülőgépet, kísérletezhettek a Nemzetközi Űrállomáson, bűvárok segítségével víz alatti szereléseket végezhettek), amerikai űrhajósokkal találkozhattak – feledhetetlen élményeket átélve. A két magyar résztvevőt egy-egy nemzetközi csapatba sorolták be.

Noémi számára emlékezetes marad, hogy találkozott Georg von Tiesenhausennel, az idén 96 éves híres rakétatudóssal. A próbatételek közül különösen tetszett neki a szimulátor, amelyben összevissza forgatták őket. Ottó véleménye szerint a legjobb a hosszú távú űrutazás szimulációja volt, ahol a 6 órás program során távolról sem csak az előre megírt forgatókönyv szerint történtek a dolgok: voltak véletlenszerű megbetegedések – ő például szívroha-



mot játszott el –, halálesetek, természeti katasztrófák. A csapat hangulata nagyon jó volt, sokat nevettek azon, ki hogyan játszotta el a betegségét.

A Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal (NKTH) Mecenatúra pályázati támogatásának köszönhetően a MANT idén nem csak a tábori kaland lehetőségét biztosíthatta a magyar delegáció számára, hanem a kiutazás költségeit is fedezte.

Simonfi Noémi és Hanyecz Ottó személyes, fényképekkel illusztrált élménybeszámolóit az Űr Világ hírportálon jelentek meg:

www.urvilag.hu/almuk_a_vilagur/20100901_egy_het_az_urtaborban

www.urvilag.hu/almuk_a_vilagur/20100904_a_2010es_nemzetkozi_urtabor

Magyar látássérült fiatalok először az amerikai űrtáborban

Kevés embernek adatik meg, hogy élete során eljusson arra a különleges helyszínre, ahová a MANT „Ugródeszka: a Hold” című pályázatának köszönhetően az idén először magyar vak és gyengénlátó fiatalok is kiutazhatnak. A nyeresemény egy egyhetes részvétel volt a hunsville-i Nemzetközi Űrtáborban. A MANT már 1992 óta biztosította ezt a rendkívüli lehetőséget látó diákok számára, tavaly ősszel pedig, az „Informatika a Látássérültekért” Alapítvánnyal együttműködve két kategóriában (11–14, ill. 15–18 évesek) vak és gyengénlátó fiatalok számára is kiírták a pályázatot.

Márciusban megszületett a döntés: a speciálisan látássérültek számára kialakított Nemzetközi Űrtáborban (*Space Camp for Interested Visually Impaired Students, SCIVIS*) hazánkat két budapesti fiatal, Ócsvári Áron (Neumann János Számítástechnikai Szakközépiskola) és Velegi István (Scheiber Sándor Gimnázium) képviseli. A két látássérült középiskolás részvételi és utazási költségét teljes egészében a MANT finanszírozta, a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivaltól (NKTH) elnyert támogatás segítségével. Látó kísérőjük Szelinger Tamás, az „Informatika a Látássérültekért” Alapítvány önkéntese volt. A közép-európai térségből egyedül a magyar csapat utazott el szeptember 24-én, hogy ott létük alatt közelebbről is megismerkedhessenek az űrkutatással, az emberes űrtevékenységgel.

A vakság nem lehet akadálya a világűr és az űrhajózás megismerésének – vallják mindazok, akik lehetővé teszik a látássérült fiatalok részvételét. Természetesen speciális módon, a többi érzékszervre, az elméleti tudásra és a fantáziára támaszkodva szereznek új ismereteket a vak és a gyengénlátó diákok, így is egy örökre szóló élményként.

Ócsvári Áron és Velegi István élménybeszámolóit ugyancsak elolvashatják az Űr Világ alábbi oldalain:

www.urvilag.hu/almuk_a_vilagur/20101016_a_vakoknak_mi_jo_van_a_buvarokodasban

www.urvilag.hu/almuk_a_vilagur/20101014_egy_igazi_almom_teljesult

Ugyanott kísérőjük, Szelinger Tamás is mesélt tapasztalatairól:

www.urvilag.hu/almuk_a_vilagur/20101017_istvan_kapitanykent_aron_hajozo_mernokkent_diplomazik_1resz

www.urvilag.hu/almuk_a_vilagur/20101018_istvan_kapitanykent_aron_hajozo_mernokkent_diplomazik_2resz

XXVII. Ionoszféra- és Magnetoszférafizikai Szeminárium, Baja



A legutóbbi szemináriumot 2010. október 14-16. között Baján, a Vízisport Centrum főépületében rendezték. A kiemelt téma a Szaturnusz és Titan vizsgálatában elért legújabb eredmények ismertetése volt.

(Kép: ELGI)

Kitüntetések

A MANT Közgyűlésének döntése alapján 2010-ben tiszteleti tag lett **Dr. Ill Márton**, Fonó Albert-emlékérmét kapott **Dr. Fuchs Erik**, Nagy Ernő-emlékérmét pedig **Simon Tamás**.

* * *

A nemzetközi űr kutatásban való magyar részvétel, s külön megnevezve tizenegy kiváló űr kutató 2010. március 20-án Magyar Örökség-díjat kapott. A név szerint kiemelték a következők: Kármán Tódor, Izsák Imre, Pavlics Ferenc, Bejczy Antal, Tófalvi Gyula, Almár Iván, Ferencz Csaba, Gschwindt András, Farkas Bertalan, Magyarai Béla és Charles Simonyi. Az indoklás szerint a kitüntetés a szakma egészének, a magyar űr kutatók közösségének szól, mindazoknak, akik itt lehetnek velünk, és azoknak is, akik már nincsenek közöttünk. A tizenegy kiemelt kiválóság közül néhányan külföldön járultak hozzá a hírnevünk öregbítéséhez. Mások a hőskortól kezdve, évtizedeken át idehaza dolgoztak vagy dolgoznak még ma is. A listán találkozunk a három magyar űrhajós nevével is.

A Magyar Örökség-díj ünnepélyes átadására 2010. március 20-án került sor Budapesten, a Magyar Tudományos Akadémia székházában. A díjat a Magyar Örökség és Európa Egyesület adományozza. A rangos elismeréssel korunk, valamint a XX. század első felének legjelentősebb magyar teljesítményeit jutalmazták, immár ötvennyolcadik alkalommal. Évente négyszer hét-hét díjazott részesül az elismerésben. A díj azon magyar személyeknek, intézményeknek, csoportoknak adható, akik tevékenységükkel hozzájárultak a magyar kultúra, gazdaság, sport, tudomány, azaz a magyar társadalom erkölcsi, szellemi felemeléséhez.

Diák pályázat: Ember az űrben – Gagarin öröksége

2011. április 11-én tartottuk a 2010/2011-es tanévre meghirdetett diák pályázatunk eredményhirdetését a 11–14 és a 15–18 éves korcsoport díjazottai számára. Az „Ember az űrben – Gagarin öröksége” című diák pályázatunkra közel 100 pályamunka érkezett. A díjátadót Budapesten, a Műegyetem V2 épületében szerveztük.

Az ünnepség elején Bacsárdi László, a MANT főtítkára köszöntötte a jelenlévőket. Megköszönte a támogatóknak a segítséget és a zsűritagoknak a pályaművek értékelését, majd elmondta azt is, hogy az idei évtől kezdve az amerikai szervezők csak a tanárok számára szervezik meg a nyári amerikai Nemzetközi Űrtábor, diákok számára nem. Az amerikai szervezők azt is tudatták, hogy a diákok közel ezer dolláros díj megfizetése mellett részt vehetnek egy nyári táborban, de az nem az eddigi években megszokott nemzetközi tábor lesz. Ezért a MANT vezetősége úgy döntött, hogy a középiskolások közül a legjobb helyezett lány és fiú számára a MANT Űrtáborban való részvétel lehetőségét ajánlja fel. Mivel az idei esztendőben az első két helyezett hölgy lett, ezért mind a három 15–18 év közötti „dobogós” helyezett számára térítésmentes tábori részvételt biztosít a MANT a magyar Űrtáborban.

A díjakat Solymosi János, a MANT elnöke adta át a jutalmazottak számára. Rövid beszédében minden diáknak további sikeres munkát kíván. Elhangzott az is, hogy minden jutalmazott diák (mind a 11–14, mind a 15–18 éves korcsoportban) egy zártkörű, exkluzív látogatáson vehet részt egy magyar űrkutatással foglalkozó cégnél, a BHE Bonn Hungary Kft-nél. Az oklevéllel együtt minden diák megkapta személyre szóló meghívóját is.

A megjelent diákok, tanárok és szülők ezután Horvai Ferencnek, a MANT elnökségi tagjának előadását hallgathatták meg a Gagarin-évforduló kapcsán. Végül Bacsárdi László megköszönte a segítőknek – Bán Andrásnak, Kocsis Gábornak, Sik Andrásnak – a közreműködését, a diákoknak és a kísérőiknek a jelenléte, a felkészítőiknek pedig a diákokkal való foglalkozást.

A pályázat eredménye:

11–14 éves korcsoport

1. Tempfli Dóra – Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (Budapest)
2. Oroszi Eszter – Földváry Miklós Alapfokú Művészetoktatási Intézmény (Tápiószentmárton)
3. Csurgai-Horváth Bálint – Szent István Gimnázium (Budapest)

Különdíj:

Nagy Gergely – Dózsa György Általános Iskola Telephelye Móra Ferenc Általános Iskola (Tatabánya)

Rác Gyöngyi – EmArt Műhely (Szabadka, Szerbia)

15–18 éves korcsoport

1. Uzsoki Piroska Mónika – SEK Budapest Óvoda Általános Iskola és Gimnázium (Budapest)
2. Bánlaki Eszter – Patrona Hungariae Gimnázium (Budapest)
3. Szilágyi Szabolcs – Ady Endre Gimnázium (Debrecen)

Különdíj

Kompár Zsolt – Baross Gábor Szakképző Iskola és Kollégium (Debrecen)

Major Boldizsár – Széchenyi István Gimnázium (Sopron)

Varga Bence – Bánki Donát Gimnázium és Szakközépiskola (Dunaújváros)

A látássérült kategóriában Tóth Gábor budapesti gimnazista nyerte el a huntsville-i űrtábori utazás lehetőségét.

Nem tudunk volna jutalmazni ennyi diákot támogatók nélkül. Támogatóink voltak: BHE Bonn Hungary Kft., BME Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék, Laurus Kiadó, Magyar Űrkutatói Iroda, Természet Világa, Űrvilág.hu űrkutatói hírportál. A diák-pályázatot támogatták továbbá: az Élet és Tudomány folyóirat szerkesztősége, a Galaktika folyóirat szerkesztősége, az „Informatika a Látássérültekért” Alapítvány, a Magyar Csillagászati Egyesület, az [origo] Tudomány rovata és a Vince Kiadó.

A pályamunkákat értékelő zsűri névsora: Apáthy István, Dr. Both Előd, Dr. Frey Sándor, Dr. Gödör Éva, Dr. Hirn Attila, Dr. Kelemen János, Kovács Zsuzsanna, Dr. Mika János, Sik András, Spányi Péter, valamint az „Informatika a Látássérültekért” Alapítványtól Szuhaj Mihály.

Űrtábor 2011 – Sátoraljaújhely

A 2011-es esztendőben a MANT Sátoraljaújhelyen rendezte meg a nyári űrtábort. 2011. július 3-9. között a *Magyar–Szlovák Két Tanítási Nyelvű Nemzetiségi Általános Iskola és Kollégium* adott otthont a tábornak.

Vasárnap este Solymosi János, a MANT elnöke, Dankó Dénes, Sátoraljaújhely város alpolgármestere, Kuczik Júlia, az iskola igazgatója, Zombori Ottó táborvezető és Bacsárdi László, a MANT főtitkára nyitotta meg a tábor. A tábornyitó előadást *Egy amerikai űrtábor élménybeszámolója* címmel Kuczik Júlia tartotta, majd játékkal egybekötött ismerkedésre került sor. Hétfőn Solymosi János *Űrmágnások az űripárban* címmel tartott előadást, őt követte Almár Iván *Az űrrepülőgépek 30 évig repültek* előadása. Kedden *Robotrepülők innen és túl* címmel Solymosi János beszélt, majd Zombori Ottó *Csillagászat: az Univerzum fizikája* és Sik András *A Naprendszer leltára* című előadása következett. A kedd délutáni blokkot a nagyszentmihályi csillagvizsgáló munkatársának, Zdenek Komareknek szlovák nyelvű előadása zárta, *Mentsük meg a sötét égboltot!* (szinkrontolmács: Kuczik Júlia). Szerdán este Horváth Márk *Rádióamatőrök rádiójelei*, csütörtök délután Both Előd *Európa hordozórakétái* című előadását hallgathatták a diákok. Péntek kora délután Lovas Eszter *Gombák*, Orbán László *Kárpátalja* és Bacsárdi László *Rádiótávcsövek árnyékában* előadása hangzott el.

A táborban a diákok kerekasztal-beszélgetéseken is részt vettek. Hétfő este *Beszélgetés a földönkívüliekről* címmel Almár Iván társaságában (a nagy érdeklődéssel való tekintettel kedd reggel még folytatódott), kedd este *A Mars terraformálása* címmel Sik Andrással, csütörtök este *A űrhajzás első 50 éve* címmel Both Előddel.

Az űrtáborozók mindeközben csapatvetélkedőn is részt vettek. A három csapat – Atlantis, Discovery és Endeavour – logót készített (szakmai vezető: Bacsárdi László), elköltött 20 millió (virtuális) eurót (szakmai vezető: Solymosi János, Bacsárdi László), megtervezte az

űrrepülőgép utódját (szakmai vezető: Bacsárdi László, Solymosi János), Marssal kapcsolatos kérdésekre válaszolt (szakmai vezető: Sik András), rovert irányított (szakmai vezető: Horváth Márk, Kővágó Csaba, Sándor Ferenc), vízirakétát készített és indított (szakmai vezető: Horváth Márk, Kővágó Csaba, Sándor Ferenc), valamint egy nagy táborzáró vetélkedőn (szakmai vezető: Both Előd) vett részt.

A szakmai programok mellett a kulturális felfrissülésre is jutott idő. Hétfő délelőtt Sátoraljaújhelyt fedezték fel, a városházán fogadta őket Dankó Dénes alpolgármester is. Szerdán vonattal kirándultak Kassára, megnézték a belvárost, a helyi planetáriumot, Rákóczi kriptáját, fagyit illetve süteményt ettek, valamint elfogyasztották az iskolából hozott ebéd-csomagot is. Csütörtök délelőtt elmentek a Zemplén Kalandparkba, libegővel felmentek a hegy tetejére mecsodálni a kilátást, és még a táborvezető is élvezettel csúszott le a bobb-pályán. Csütörtök késő délután a városi strandon pihentek, este pedig a párhuzamosan zajló III. Nemzetközi Csillagászati Tábor tanulóival közös karaoke partin vettek részt. Péntek délelőtt elmentek a széphalmi Magyar Nyelv Múzeumába és a Kazinczy-emlékházba.

Az űrtáborok történetében először szervezett, nagyközönségnek szóló előadásokra is sor került. Kedden *A Mars-kutatás legújabb eredményei* (Sik András), szerdán *Csillagászati világgépünk változásai az Ókortól az Űrkorszakig* (Zombori Ottó), csütörtökön *A szomszédos égitestekre, és még tovább!* (Bacsárdi László) és *Az űrhajózás első 50 éve* (Both Előd).

A péntek délután és este sok szempontból is különleges volt. A táborozók közösen megnézték az utolsó űrrepülőgép indítását (a képeken látható eseményeket Bacsárdi László kommentálta), este pedig egy táborzáró ünnepségre került sor. A MANT 1992 óta delegál tanári résztvevőket az amerikai Nemzetközi Űrtáborba. A táborzáró ünnepségen a három jelenlévő tanár – Both Előd (1992), Bacsárdi László (2008), Kuczik Júlia (2010) – felvette az űrtábori egyenruháját, és Zombori Ottó táborvezető társaságában adták át az okleveleket.

Ezúton is köszönjük Dankó Dénesnek, Sátoraljaújhely város alpolgármesterének a várostól kapott támogatást. Köszönettel tartozunk Kuczik Juliának, a Magyar–Szlovák Két Tanítási Nyelvű Nemzetiségi Általános Iskola és Kollégium igazgatójának, valamint az iskola tantestületének és személyzetének. Köszönjük előadóinknak a színvonalas programokat és a táborvezetőknek (Zombori Ottó, Lovas Eszter, Orbán László, Bacsárdi László, Solymosi János) a munkáját.

A táborban készült fényképek itt találhatóak:
picasaweb.google.com/mantkepek/Urtabor2011



MANT VilágűrKlub

2011-ben egy új típusú, a tagság mellett az érdeklődő nagyközönségnek, nem utolsósorban az egyetemistáknak szóló rendezvényt, a **VilágűrKlubot** indított útjára a MANT.

A két alkalom közül az elsőt a terraformálásról és az űripar helyzetéről beszélgettek a jelenlévők március 17-én, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen (BME). A helyszín biztosításával a BME Szélessávú Hírközlési és Villamosságtan Tanszék nyújtott támogatást. A rendezvény elején két rövid vitaindító előadás hangzott el. Először Sik András (ELTE TTK) beszélt a Mars múltjáról és jelenéről *Terraformálás, avagy van-e jogunk kizöldíteni a vörös bolygót?* című előadásában, valamint különböző recepteket ismertetett a vörös bolygó átalakítására. Solymosi János (BHE Bonn Hungary Kft.) *Kínai minden műholdcsavar?* című vitaindítójában űripari lehetőségekről és űripari technológiákról beszélt, kiemelve Kína lehetséges domináns szerepét. A vitaindító előadásokat kötetlen beszélgetés követte. A rendezvény moderátora Bacsárdi László, a MANT főtitkára volt.

A második VilágűrKlubra különleges alkalomból került sor. Április 12-én volt ugyanis Jurij Gagarin útjának 50. évfordulója. Aznap este, a *Yuri's Night* nemzetközi rendezvényt sorozat magyarországi eseményeként került a rendezvénytárhoz Budapesten a *4. Jövőkutatás Meetup*, amely egyúttal a MANT VilágűrKlub következő találkozási alkalma is volt. A választott téma az emberes űrrepülés jövője volt.

A beszélgetést, amelyet rövid vitaindító előadások vezetnek be, Solymosi János, a MANT elnöke nyitotta meg a BME Q épületében. A moderátor Winkler-Nemes Gábor festőművész, a Jövőobszervatórium Kutatócsoport tagja volt. Az elhangzott előadások: *Gagarin útjának jelentősége* (Dr. Almár Iván), *Az emberes űrrepülés közeli (?) jövője* (Dr. Frey Sándor), *Űrkutatás, űripar – válaszút?* (Solymosi János), *Az emberes űrrepülés pszichológiai kérdései* (Dr. Balázs László, Dr. Ehmann Bea), *Emberes látogatás a Vörös Szomszédhoz* (Sik András), *Hosszú távú űrutazás 50 évvel Gagarin után: Ad Astra per aspera – a modern Daidalosz és Ikarosz nyomdokain* (Dr. Pacher Tibor).

Nemzetközi Tanári Űrtábor, Huntsville

Ebben az évben egy kecskeméti középiskolai tanár, **Szijártó Sándor** képviselte hazánkat az amerikai Nemzetközi Űrtáborban. Az esemény július 23-28. között zajlott Huntsville-ben. Szijártó Sándor a MANT 2009-ben kiírt, 2010-ben elbíralt tanári pályázatán nyerte el az űrtábori részvétel lehetőségét, kiutazását azonban – idén támogatás híján – saját maga szervezte meg.

A tanári űrtáborban az USA minden államából az „Év Tanára” cím nyertesei, más országokból is a legkiválóbb pedagógusok vesznek részt. Az egyhetes, intenzív űrkutatási továbbképzésre utazó magyarországi tanárt a MANT immár másodszor választotta ki pályázat útján. Az elbírálás során a fő szempont az volt, hogy az ott megszerzett élményekkel, módszertani ismeretekkel felvértezve a kiutazó itthon még jobban be tudjon kapcsolódni az űrkutatással, űrtevékenységgel kapcsolatos ismeretek átadásába. A korábbi években a hazai tanári résztvevők a MANT minden évben kiírt diákpályázatának két győztesét is elkísérték a huntsville-i űrtáborba, de 2011-től az amerikai fél már nem tudta vállalni a nemzetközi diákvendégek fogadását.

Szijártó Sándor a kecskeméti Katedra Középiskola fizika–informatika szakos tanára, ahol szaktárgyain kívül immár négy éve, tantárgyi keretek között tanít csillagászatot. 2007-ben sikeresen akkreditáltatta hazánkban a csillagászatot, mint érettségi vizsgatantárgyat.

Vak fiatal az amerikai űrtáborban

Idén második alkalommal juthatott el látássérült fiatal a MANT és az „Informatika a Látássérültekért” Alapítvány pályázatának első helyezettjeként az Alabama állambeli Huntsville-ben megrendezett űrtáborba. A pályázat nyertese, Tóth Gábor a nemzetközi és a magyar űrrepülés történetét bemutató esszéjével nyerte el a részvételi lehetőséget. A szeptember utolsó hetében tartott rendezvény alatt Gábor amerikai és más európai országok vak és gyengélátó fiataljaival együtt tapasztalhatta meg az űrkatatók mindennapjait.

Az űrkatatók elismert szakemberei tartottak előadásokat az űrtechnika legújabb vívmányairól. A résztvevők azonban nemcsak elméleti képzést kaptak, hanem a gyakorlatban is próbára teheték tudásukat. Az űrbeli közeghez hasonlító körülmények között kellett végrehajtaniuk feladatokat, megoldaniuk problémákat. Egy úgynevezett kutatócsapatban más-más szerephez helyezkedve átélhették például az űrhajó mérnökének, az űrben kutató tudósnak vagy a földi irányítónak a szerepét. A pontosan előírt, magas színvonalú elméleti tudást és fizikai erőnlétet igénylő feladatok bizonyítják, hogy itt nem csupán egy szimulációs játékról, hanem szaktudást és nagy önfegyelmet igénylő csapatmunkáról van szó. Az egy hét elteltével az újdonsült „űrhajósok” átvehették oklevelüket az űrhajón betöltött beosztásukról.

Gábor számára nem csupán azért felejthetetlen élmény az űrtáborban eltöltött hét, mert nyitott és kíváncsi az új ismeretekre, hanem főleg azért, mert olyan fiatalokkal lehetett együtt, akik között nem a látássérültségük, hanem a közös érdeklődési terület és az együttes feladatmegoldás volt az összekötő kapocs. A rengeteg élmény mellett sok új gondolattal, kérdéssel és számos barátsággal gazdagodva tért haza Gábor Amerikából. Az érettségire készülve sem fogja hanyagolni az emberes űrrepülés témáját, sőt igyekszik majd még jobban megismerni és másokkal is megismertetni az űrkatatók érdekességeit.

Tudományok Hídja

2011. szeptember 17-én (szombaton) társaságunk is részt vett a *Tudományok Hídja* rendezvényen, amely egy új, nagyszabású tudomány-népszerűsítő kezdeményezés. A mi sátrunk a Lánchíd pesti hídfőjénél, a Széchenyi téren kapott helyet, a National Instruments Magyarország céggel egy helyen. A szervezők a rendezvényre eredetileg kb. 3000 főt vártak, de a jó idő megtette hatását, közel húsz ezer ember volt jelen! A mi standunknál hét órán keresztül folyamatos sor állt, és ez volt a helyzet szinte mindenhol.





Frey Sándor és jómagam 14 óra előtt egy kicsivel érkeztünk meg a helyszínre. Ezután elkezdtük berendezni a terepet, majd megérkezett Sik András is. Délután három óra után egy kicsivel már állt a standunk és folyamatosan jöttek az érdeklődők. Öt órakor érkezett meg Orgel Csilla és Spányi Péter. Kicsivel később búcsút vettünk Frey Sándortól, de hét óra körül megérkezett Horváth Márk, és este tízig

tartottuk a frontot. Délután három órától (tűző napsütés) egészen esti tízig (kellemes hűvös) folyamatosan álltak a standunknál az emberek, beszélgettek, játszottak. Bolygó-totót lehetett kitölteni (a helyes megfejtők nyereménye egy Úrtan Évkönyv), továbbá 10 úrfelvételt felismerni (óránként kisorsoltunk a játékosok között egy Iskolai úratlaszt). Nagy sikere volt továbbá a Rajzoly Naprendszer! programnak is, amelynek során kisgyerekek színezhettek ki érdekes dolgokat. Este hat órára már majdnem minden kivitt anyagunk elfogyott, de szerencsére tudtunk utánpótlást szerezni. Hét új tagtársunk lett a nap végére.

Ez a nap ismét bizonyította, hogy tagtársaink önkéntesen, a szabadidejüket feláldozva nagyon sok embert tudnak megszólítani – az emberek pedig kíváncsiak erre a megszólításra. Bízom abban, hogy a továbbiakban is több, ehhez hasonló sikeres rendezvényen vehetünk majd részt.

(Bacsárdi László)

Kitüntetések

A MANT Közgyűlésének döntése alapján 2011-ben tiszteleti tag lett **Bán András**. Fonó Albert-émlékplakett kitüntetést kapott **Dr. Gál Gyula**. Nagy Ernő-émlékérmeket adhattunk át **Zloch Istvánnénak**. A Magyar Asztronautikai Társaságért oklevelet kapott **Dr. Hegedüs Tibor** és **Kocsis Gábor**.

Az Úrtan Évkönyv 2010-2011 a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap támogatásával készült, *A Magyar Asztronautikai Társaság űrkutatói ismeretterjesztő és oktatási tevékenysége* című, 2010.03.01. és 2012.06.30. közötti futamidejű projekt keretében.



Nemzeti
Fejlesztési Ügynökség

Tartalomjegyzék

| | |
|--|----|
| Előszó..... | 3 |
| Válogatás az űrkutatás 2010-es és 2011-es eseményeiből (<i>Frey Sándor</i>) | 4 |
| Az Űrkaleidoszkóp 2010. és 2011. évi számainak tárgymutatója (<i>Bán András</i>)..... | 34 |
| CoCoRAD kísérlet az Európai Űrügynökség BEXUS programjában (<i>Zábori Balázs</i>)..... | 41 |
| Bolygóközi Internet (<i>Huszák Árpád</i>) | 52 |
| Kvantum alapú kommunikáció műholdas csatornában (<i>Galambos Máté, Kiss András, Bacsárdi László</i>) | 58 |
| Kárfelelősség a világűrben (<i>Gál Gyula</i>)..... | 65 |
| Kutatás a Földhöz hasonló méretű bolygók után (<i>Futó Péter</i>) | 67 |
| Az élet kutatása az Univerzumban és jövőnk (<i>Simon P. Worden</i>)..... | 71 |
| Landolj egy üstökösön! – avagy egy űrkutatást népszerűsítő projekt tesztelése (<i>Lang Ágota</i>) | 79 |
| A Magyar Asztronautikai Társaság 2010. évi tevékenysége – beszámolók .. | 85 |
| Bolygótudományi Nap | 85 |
| Ugródeszka: a Hold – diákpályázatunk eredménye | 86 |
| Tanári pályázatunk eredménye..... | 87 |
| A MANT logópályázata..... | 88 |
| Rendezvény az első magyar űrrepülés 30. évfordulója alkalmából | 89 |
| Űrtábor 2010 – Gyomaendrőd..... | 90 |
| Nemzetközi Űrtábor 2010 – Huntsville | 91 |
| Magyar látássérült fiatalok először az amerikai űrtáborban..... | 92 |
| XXVII. Ionosféra- és Magnetoszférafizikai Szeminárium, Baja | 93 |
| Kitüntetések..... | 93 |
| A Magyar Asztronautikai Társaság 2011. évi tevékenysége – beszámolók .. | 94 |
| Diákpályázat: Ember az űrben – Gagarin öröksége | 94 |
| Űrtábor 2011 – Sátoraljaújhely | 95 |
| MANT VilágűrKlub..... | 97 |
| Nemzetközi Tanári Űrtábor, Huntsville | 97 |
| Vak fiatal az amerikai űrtáborban | 98 |
| Tudományok Hídja..... | 98 |
| Kitüntetések..... | 99 |



2010. március 19-én rendezte meg az ELTE Planetológiai Műhely és a MANT az ELTE Bolygótudományi Napot, amelyen több mint hatszázan vettek részt. A rendezvény keretében tartotta a MANT az *Ugródeszka: a Hold* című, megújított feltételekkel, több kategóriában kiírt diákpályázatának, a tanári pályázatának és a logópályázatának eredményhirdetését is.

A fenti képen a nyertesek egy csoportja. Lent Ócsvári Áron és Velegi István, akik a látássérültek kategóriájának győztesei voltak. Ők 2010 szeptemberében Magyarországról elsőként vehettek részt Huntsville-ben a látássérültek számára megrendezett nemzetközi űrtáborban. Kísérőjük, Szelinger Tamás, a pályázat során a MANT-tal együttműködő „Informatika a Látássérültekért” Alapítvány önkéntese volt.

(Fotók: Czitrovszky Balázs)





Űrtábor 2010, Gyomaendrőd. Az egy hetes program egyik fénypontja Farkas Bertalan űrhajós látogatása és a robotrepülözés volt.



Űrtábor 2011, Sátoraljaújhely. A táborozó diákokat és vezetőiket a városházán Dankó Dénes alpolgármester fogadta.