

# Fején az üstökös! – indul a Rosetta misszió

2003. január 13-án a francia-guayanai Kourou űrközpontból egy Ariane 5 rakéta tetején – remélhetőleg baj nélkül – megkezdte közel egy évtizedes útját az Európai Űrügynökség Rosetta űrszondája a pici Wirtanen-üstökös felé. A Rosetta misszió számos európai ország – közöttük Magyarország – kutatói sokéves munkájának eredménye, de tudományos eredményeit csak 2011–2012-ben ismerhetjük majd meg. Ismerkedjünk meg e nem mindennapi vállalkozás történetével és kalandos programjával!

## A történet kezdete

Az Európai Űrügynökség (ESA) tevékenységének alapvetően két oldala van: az űrtechnológiai fejlesztések és a kereskedelmi-gazdasági célú űreszközök létrehozása mellett mindig kulcsszerepet kapnak benne a tudományos jellegű programok is. Az ESA a nyolcvanas évek közepén határozta el, hogy olyan tudományos célú missziók sorozatát hozza létre az elkövetkezendő évtizedekben, amelyek mind tudományos, mind technológiai szempontból újszerűek és világszínvonalúak. Ezek a programok a „Sarokkő Missziók” gyűjtőnevet kapták. Ennek keretébe illeszkedtek a jelenleg is működő SOHO, XMM, Cluster űrszondák is, és ekkor merült fel a Rosetta misszió gondolata, amely végleges programját végül 1993-ban hagyták jóvá.

Némiképp a Giotto misszió – az ESA első bolygóközi programja – folytatásának tekinthetjük ezt a programot. A Giotto 1986 márciusában, pár nappal a Vega szondák után, 600 km-re megközelítette a Halley-üstökösöt, és a legrészletesebb felvételeket készítette róla. Elsőként láthattuk ekkor közelről egy üstökös magját – amely földi távcsövekkel nem figyelhető meg.

Ez alkalommal azonban a módszer és a célpont is más. Mivel a cél egy üstökös hosszú idejű – egy évig tartó – közeli tanulmányozása és leszállás annak felszínére, ezért egy jóval békésebb, kisebb, rövid periódusú üstökösöt kellett választani, amit simábban meg lehet közelíteni, és aminek túlzott aktivitása nem teszi tönkre a szonda berendezését. A Halley-vel való találkozás – amely valójában egy 70 km/másodperc sebességű, „őrült” szemberepülés volt – csak rövid ideig tarthatott és igencsak megviselte az űrszondát. Így esett a választás a kevésbé ismert Wirtanen-üstökösre.

Amilyen nagy jelentőségű tudományos eredmény volt egy üstökös magjának első megpillantása 1986-ban, hasonlóan történelmi célokot tűztek ki a Rosetta misszió tervezői is:

- Az első űreszköz lesz, amely pályára áll és hosszú ideig kering egy üstökös körül.
- Az első űreszköz lesz, amelyik egy üstökös mellett sodródva végigköveti annak életét a naptávoll, nyugalmi szakaszától a perihélium pontjáig – azaz nyomon tudja követni majd, hogyan válik a fagyott anyag aktív por- és gázfelhővé.
- Első alkalommal fog ember készíteni eszköz leszállni egy üstökös magjára, ott fényképeket készíteni, és a helyszínen megvizsgálni annak anyagi összetételét.
- Egy további technikai kuriózum, hogy ez a szonda fog először napelemeket használni a Jupiter távolságában, ahol a napsugárzás erőssége jóval gyengébb a Föld távolságában mérhetőnél, mindössze annak 4%-a.
- Ráadásul, útja során meglátogatja a Marsot és két fővbeli kisholygót is.

A legelső tervek között – amikor még a NASA is részt vett volna a programban – az is szerepelt, hogy az űreszköz a felszínről anyagmintát hozzon vissza a földre. Ez azonban rendkívül költséges és nehezen megvalósítható lett volna, így a visszatérés végül is nem került bele a programba. A NASA azóta újtárra indította a Stardust szondát, amelyik valóban vissza fog hozni üstökös anyagot (is) a Földre, igaz csak néhány apró, mikromnyi méretű porszemcsét, és nem a felszínről, hanem a Wild 2-üstökös környezetéből. A találkozó 2001-ben, a földet érés 2006-ban lesz, amikor a Rosetta még úttjának elején tart.

## A Rosette-i kő

Mint tudjuk, az üstökösök kutatása azért olyan nagy jelentőségű tudományos szempontból, mivel életük jó részét a Naptól igen nagy távolságban élték le, ahol csak igen csekély kölcsönhatásban álltak más égitestekkel (így magával a Nappal is), ezért bennük található meg leginkább a Naprendszer „ősanyaga” – ez még azt az állapotot tükrözi, mielőtt a bolygók kialakultak volna. Ennek az anyagnak a vizsgálata pedig egyfajta kulcsot adhat a Naprendszer kialakulásának megértéséhez.

Olyan kulcsot, amilyen a híres Rosette-i kő volt, ami Jean-François Champollion segítségével az egyiptomi hieroglifák megfejtéséhez. Ezt a követ 1799-ben találták meg Napóleon katonái a Nílus deltájában fekvő Kasihid (franciául Rosette, angolul Rosetta) falu mellett. Rajta három nyelven: egyiptomi hieroglifákkal, az ebből kifejlődött később használt demotikus írással és ógörögül olvasható ugyanaz, a fáraót dicsőítő szöveg. Keletkezése idején (Kr. e. 2. évszázad) ez a három nyelv volt használatban Egyiptomban. A kővön található írások összehasonlítása tette lehetővé az addig lehetetlen: megérteni a másfél évezred feledésbe merült egyiptomi képirás jelentését. Ez az analógia vezette a misszió névadóit, amikor a Rosetta nevet választották – csak hogy az üstökösök esetében nem évezredekkel, hanem évmilliárdokkal mehetünk vissza az időben.



A Rosette-i kő (British Museum)

## A célpont

Mit tudunk a célpontról, a Wirtanen-üstökről? Hivatalos neve Comet 46P/Wirtanen. 1948. január 15-én fedezte fel véletlenül, futólemezek átvizsgálása közben Carl A. Wirtanen, a Lick Observatóriumban. Egy kivételével (1980) mindegyik napközelségét sikerült megfigyelni azóta. Napközelen fényessége kb. 9–10 magnitúdó, így amatőrök számára is elérhető. Két egymást követő Jupiter-közelsége (1972 és 1984) során a nagybolygó jelentősen megváltoztatta az üstökös perihélium-távolságát, 1,63-

ról 1,06 Cs.E.-re, keringési idejét pedig 6,71-ről 5,46 évre. A Wirtanen a rövid periódusú üstökösök Juplter-családjába tartozik. Afélium pontja a Jupiter pályájának távolságába esik (5,13 Cs.E.), így nagy távolságokkal lényegében pályája teljes szakaszán megfigyelhető. Pályájának inklinációja nem túl nagy, 12 fok – ezek mind lényeges szempontok az űrszondás megközelíthetőséghez.

Az 1996/97-ben a Rosetta program keretében folytatott összehangolt földi megfigyelési kampány az egyik legrészletesebben vizsgált üstökössé tette, mégis, a rendszeres megfigyelések ellenére keveset tudunk tömegéről, méretéről, alakjáról és forgási periódusáról. 4 százalékos albedót feltételezve átmérőjére 1,2–1,4 km adódik. 1999-ben az ESO chilei VLT Kueyen teleszkópjával figyelték 3 órán át, és alig tapasztaltak fényességváltozást, ami azt jelenti, hogy magja közel szférikus, vagy tengelyforgása lassú. További VLT-s megfigyelések azt is mutatták, hogy abban a távolságban, ahol a szonda találkozni fog vele, aktivitása csekély, így remélhetően nem fogja nagy porkitárlás zavarni a berendezéseket. A perihélium felé közeledve azonban az aktivitás jelentősen fokozódik. A földi megfigyelések eddig vizet, oxigént, széndioxidot és különféle hidrogén, nitrogén szénvegyületeket mutattak ki az általa kibocsátott anyagban. A becslések szerint napközben kb.  $10^{28}$  vízmolekula hagyja el másodpercenként.

A Wirtanen-üstököst számos jelölt közül választották ki, egyrészt aktivitásának jellege, másrészt kedvező pályaadatal miatt. Az űrszonda még olyankor találkozhat vele és akkor száll le rá, amikor nyugalomban van, majd a keringő egység egy évig „üldözi”, miközben az 37 km/mp sebességre gyorsulva megközelíti a Napot, és felszine egyre aktívabbá, „izgalmasabbá” válik. (Egy érdekes adalék: az eredetileg kiszemelt Schwassmann-Wachmann 3 üstökös egy hirtelen kitörés után szétesett, így másik célpontot kellett keresni helyette. Bizonyos friss megfigyelések szerint a Wirtanen is kitörést produkált a közelmúltban, de remélhetőleg megmarad...)

## Hosszú, kanyargós út

Hogyan lehet eljutni egy üstököshöz? Az igazi feladat abban áll, hogy nem csak oda kell érni, hanem pontosan azonos Nap körüli pályára kell állni mellette, hiszen az üstökös rendkívül gyenge gravitációs tere csak ekkor tudja befogni és saját mesterséges holdjává tenni az űrszondát. A feladat persze nem reménytelen, mert ehhez hasonlót végzett el a NEAR űrszonda is az Eros kisbolygó körül. A rendkívül hosszúra tervezett út azonban mindenképpen szokatlan. A Rosettának el kell repülnie a Jupiter pályatávolságába, hogy onnan visszajöve utolérdje az üstököst annak aféliumpontja után, majd ezután vele haladjon tovább. A szükséges sebesség és pályajellemzők eléréséhez a Rosetta is hintaműveleteket fog alkalmazni: egyszer a Murs és kétszer a Föld mellett fog elrepülni. Úta során elhalad majd az Otawara és a Siwa kisbolygók mellett is, és természetesen megfigyeléseket készít róluk. (Ezek a kisbolygó jelöltek is változtak a tervezés során, a korábbi tervekben két másik, a Rodari és a Mimistrobell szerepelt.)

## Az utazás legfontosabb állomásai

- Fellövés: 2003. január 13.
- A fellövés a legnagyobb európai gyártású rakétával, az Ariane 5-tel történik, Kourouból. Az indítási ablak elég rövid, így nincs sok lehetőség esetleges halasztásra.

Először egy elnyúlt átmeneti pályára áll a szonda, majd két óra múlva a szökési hiperbola pályán – egy időre – elhagyja a Földet.

Miután a műszereket a fellövés után ellenőrizték, az utazás idejére az űrszondát hibernálják („elaltatják”), azaz csak a kommunikációs egység marad bekapcsolva. Mintegy 8 hónapig a Nap takarása miatt még ennek használatára sem lesz lehetőség, az eszköz teljesen magára hagyatva repül. A tudományos műszerek kisebb megszakításokkal a több mint nyolc éves út nagy részén ki lesznek kapcsolva.

- Mars-hintamanőver: 2005. augusztus 26. Az elrepülés mindössze 200 km-es magasságban fog történni. Természetesen lehetőség lesz némi tudományos megfigyelésre is, így a műszereket bekapcsolják

- Első Föld-hintamanőver 3400 km-es magasságban: 2005. november 21.

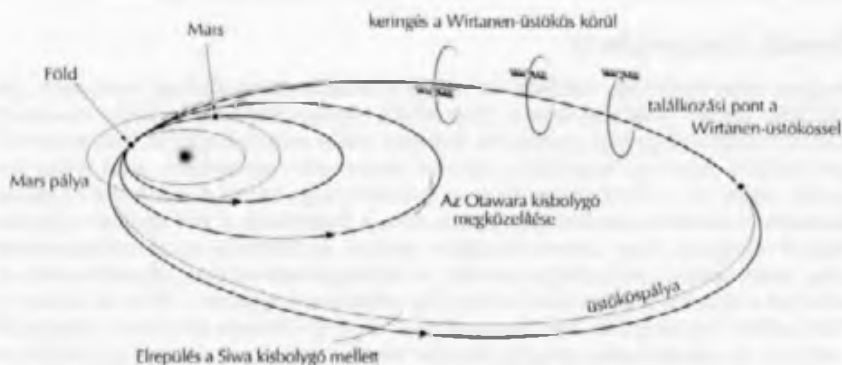
- A 4979 Otawara aszteroida megközelítése 2200 km-re, és a kisbolygó észlelése. 2006. július 11. Az Otawara egy parányi, 2–4 km átmérőjű kődarab, rendkívül gyors, 3 órás forgási periódussal. Így a találkozó során lesz idő felszínének nagy részét lefényképezni.

- Második Föld-hintamanőver 2200 km-es magasságban: 2007. november 28. Ekkor döntenek végleg az üstökösrel való találkozás pontos helyzetéről, és elvégzik az ahhoz szükséges pályamanővereket.

- Elrepülés a 140 Siwa mellett 3500 km-re, és a kisbolygó észlelése: 2008. július 24. Ellentétben az előző kisbolygóval, a Siwa nagy méretű, átmérője kb. 110 km, lényegesen nagyobb mint az eddig közelről megfigyelt aszteroidák (Mathilde, Ida, Eros, Gaspra).

- Találkozás az üstökösrel: 2011. november 29., a fellövés utáni 3140. napon.

Amíg erre a jól megérdemelt találkozásra sor kerül, a Rosetta négyszer kerüli meg a Napot és kétszer halad át a kisbolygóövezeten.



Az üstökös és az űrszonda pályája (ESA)

## Utazás az üstökösrel

Ha az űrszonda túlélte a hosszú bolygóközi utazás viszontagságait és meg is találta a Wirtanen üstökösöt, megkezdődhet annak megközelítése. A találkozás tervezett pontja a Naptól 4,2 Cs.E. re lesz. Ekkor ugyanis még a felszín nem aktív, de a megvil-

lágítási viszonyok már elég jók, és viszonylag elegendő energia áll rendelkezésre a napelemek számára. A Rosetta két egységből áll: az egyik maga a szonda, ami a keringő egységet (orbitert) jelenti, a másik a hozzá csatolt – jóval kisebb – leszálló egység (lander). Az első időben a két egység még nem válik külön.

A manőver első része, a távoli megközelítési szakasz, akkor kezdődhet el, ha a féldélzeti kamera megpillantja az égitestet. Ez majd lehetővé teszi, hogy jóval pontosabban megtudjuk az üstökös pályadatait, majd pedig a mag méretét, alakját és forgását is megismerjük. A szondát úgy vezérlik, hogy maximum 90 nap után a két égitest sebességkülönbsége 2 m/mp-re (vagyis egy gyorsan gyalogló ember sebességére) csökkenjen. Ekkor a Rosetta biztonságos távolságban, kb. 300 sugármíra lesz a magtól.

Fűtán kezdődhet a szoros megközelítési szakasza, aminek során a sebességkülönbség néhány cm/mp-re, a távolság pedig 25–30 sugármíra csökken. Ekkor már a fontosabb műszerek működni fognak, és felmérik a mag felszínének pontosabb jellemzőit. Ha a szoros megközelítési megtörtént, a szonda megkezdheti a globális térképezést. Ennek során 5–25 üstökös-mag-sugárnyi távolságból részletes fényképeket készít a felszín minél nagyobb részéről (legalább 80%-áról). Ennek alapján lehet majd kiválasztani azt a pár kb. 500x500 méteres területet, ahová a leszállásra sor kerülhet. Természetesen a fényképezés mellett az összes kísérlet teljes gőzzel dolgozni fog. Nem lesz egyszerű feladat olyan pályát választani, és azt folyamatosan módosítani, hogy a Földdel való kapcsolat is minél folyamatosabb legyen, a megvilágítási viszonyok is jók legyenek, a napelemek se legyenek árnyékban, és hogy a szerkezet se ütközzön neki az üstökösnek. Körülbelül egy hónapig tart ez a megfigyelési fázis, ami után majd sor kerül a „Nagy Huppanásra”.

## A Nagy Huppanás

Bár a tudományos műszerek nagyobb része a keringő egységen van elhelyezve, és ezek jóval hosszabb idejű és nagyobb mennyiségű megfigyelést végeznek majd, a misszió kétségtől leghívtványosabb (és legkockázatosabb) része az üstökösre történő leszállás lesz. Mint a fentiekben már említettem, ezt egy alapos felderítés előzi meg, melynek során kiválasztják az optimális leszállóhelyet. A leereszkedés egy olyan pályáról történik, melynek üstökösközeli pontja kb. 1–2 km. Amikor a szonda a legközelebb kerül a felszínhez, egy elmés mechanikus szerkezet leválasztja és enyhén megpöcköll a leszálló egységet, ami így „becsapódik” a felszínre. A becsapódási sebesség azonban csak egészen csekély, maximum 1,5 m/mp lehet mind vízszintes, mind függőleges irányban. Ráadásul a berendezésnek „talpra kell esnie” – egy rugalmas, háromlábú tartórudazatra kell leereszkednie. Mivel a szokási sebesség ott igen csekély, arról is gondoskodni kell, nehogy az eszköz visszapatpanjon a felszínről, ezért a leérkezés pillanatában egy horgony fűródik a talajba.

Azt lehetetlen megmondani, hogy (sikeres leszállást feltételezve) mennyi ideig működhetnek majd a lander egység műszerei, de a csekély napenergia és az addigra erősen degradálódott telepek miatt feltételezően csak egy pár napig, legfeljebb 1–2 hétig. Ez alatt az orbitert olyan, kissé távolabbi pályára áll, ahonnan biztonságosan tarthatja a kapcsolatot a lander és a Föld között. A nagy távolság miatti időkésleltetés és a bonyolult pályahelyzetek miatt természetesen nem lehet a berendezéseket valós időben irányítani, minden műveletet és mérést önállóan kell ellátniuk.

A felszíni mérések befejezése után a keringő egység tovább folytatja megfigyeléseit a magasból, és még kb. 200 napig működik az üstökös mellett repülve, annak perihélium átmenetéig. Ekkor elsősorban az aktivizálódó mag aktív régióinak megfigyelése és a kilövellt por, gáz, plazma analízálása lesz a cél – mindezt a belső kómából végezve. A Rosetta program hivatalosan a fellövés utáni 3800-adik nap körül, 2013 júliusában ér véget, az üstökös perihéliumában. Nem tudható, mennyire viseli meg a részecskeáram az űrszondát. Ha netán még ezután is működőképes maradna, az irányítók dönthetnek a program további meghosszabbításáról. De ez az időpont még nagyon-nagyon messze van...

## Az űrszonda és műszerei

Az űrszonda építésében 14 európai ország, valamint Kanada és az USA intézetei, egyetemei és űripari vállalatai vettek részt. Méretét tekintve egy kb. 3x2x2 méteres láda, induló tömege 3 tonna, aminek több mint fele a pályamódosításokhoz szükséges hajtóanyag. Két hatalmas, mindig a Nap felé fordítható napelemtáblájának feszítvolsága 32 méter. A leszálló egység az oldalára csatolva utazik rajta. A keringő egységen összesen 11 kísérlet (tudományos műszer) kapott helyet, még hozzá egyazon oldalon, amelyik az aktív megfigyelési szakaszban mindig az üstökös felé néz majd. Anélkül, hogy mindet felsorolnánk, röviden csak egy lista arról, miféle méréseket fognak majd végezni:

- optikai spektroszkóp és infravörös távérzékelő kamerák – ezek hivatottak az üstökösöt megtalálni, a felszínét felderíteni és a leszállóhely kiválasztásában segíteni,
- ultraibolya és infravörös képalkotó spektrométerek – főként a kóma és a csóva kialakulását, illetve a mag hőmérsékletelosztását lehet majd velük megfigyelni,
- mikrohullámú műszer, amely képes lelátni a felszín alá is, és mérni az ottani hőmérsékletet,
- részecske-spektrométerek, amelyek az üstökösből kiáramló töltött és semleges részecskék összetételét analizálják,
- többféle porrészecske-analizátor,
- rádió-visszaverődésen alapuló kísérlet a mag belső szerkezetének felderítésére – ennek párja a leszálló egységen van elhelyezve,
- plazmadetektor műszeregyüttes – a belső kóma szerkezetét és az üstökös aktivitását méri, valamint a mágneses terét térképezi fel,
- végezetül, a kommunikációs rádiójelek Doppler-eltolódásának megfigyelése is önálló kísérletként szerepel, célja az üstökös pályájának és a mag sűrűségeloszlásának a vizsgálata.

A plazmadetektor műszeregyüttes (RIPC) fejlesztésében nem kevés magyar részvétel is volt. A fedélzeti adatgyűjtő számítógépből az érzékelők tápellátását vezérlő egység a KFKI Részecske és Magfizikai Kutató Intézetében készült, akárcsak a műszerek teljes földi tesztelő berendezése. A magnetométer részegység környezeti tesztelése – „világűrállóságának” próbája – szintén a KFKI-RMKI-ban történt.

## A Roland

Eredetileg két leszálló egységet terveztek a Rosetta programhoz. Az egyik neve Champollion lett volna – tisztelgve a hieroglifák megfejtőjének emléke előtt. Ez az egység francia-amerikai együttműködésben készült volna, míg a másik német írá-

nyitással, ez a Roland (Roetta Lander) nevet kapta. Később azonban a Champollion anyagi okokból törölték a programból, így csak a Roland maradt. A leszálló egység (gy az ESA és több európai ország (Németország, Ausztria, Finnország, Írország, Magyarország, valamint Franciaország) kutatóintézeteinek együttműködésében jött létre. (Végül is a Roland elnevezés nem vált általánosan elfogadottá, mert túlságosan „németesen” hangzik.)

A lander egy kis, kb. 100 kg-os doboz. A benne, illetve rajta elhelyezett műszerek tudományos feladata a felszín és a talaj felső rétege elemi, molekuláris, ásványi összetételének meghatározása, az elemek izotóparányának mérése, ezenkívül a felszín mechanikai tulajdonságainak (sűrűség, porózusság, jég állapota) tanulmányozása.

A kilenc tudományos műszer között ott szerepel:

- a marsi Pathfinder-en már jól működött Alfa-Proton Röntgen spektrométer, amivel néhány cm távolságból lehet a talaj elemi összetételét megállapítani,
- a talaj tulajdonságait mérő mechanikai érzékelők,
- gázanalizátorok,
- egy a leszálláskor használt nagyfelbontású kamera és hat darab parányi panoráma kamera,
- fűrókészülék, amely mikroszkópus elemzés céljára tud anyagmintát felhozni 20 cm mélységből,
- elektromos és akusztikus mérőegység,
- magnetométer és plazma monitor a helyi mágneses tér és a napszél kölcsönhatásának tanulmányozására,
- rádió berendezés, amely az orbiteren elhelyezett párjának az üstökösön szóródó illetve visszaverődő adását véve a mag szerkezetét tudja majd felderíteni.

Két tudományos kísérlet, az elektromos és akusztikus mérő egység (SESAME), valamint a magnetométer és plazma monitor (ROMAP) vezető kutatói között található Apáthy István is, a KFKI Atomenergiái Kutató Intézetéből – aki a hazai űrkutatás körében a Pille személyi sugárdózismérő kapcsán ismert.

Bár a program tudományos eredményeit alapvetően a fent említett műszerek fogják szolgáltatni, magyar vonatkozásuk kapcsán szólni szeretnék két, „csupán” mérnöki szempontból fontos berendezésről is. Ahhoz hogy a tudományos műszerek dolgozhassanak és hogy méréseik el is jussanak a földre, természetesen egyéb – úgynevezett szolgálati – berendezéseket is bele kell zsúfolni a dobozba, többek között a műszereket vezérlő számítógépet, illetve az energiellátást biztosító alrendszert. Azért ezeket említtem, mert mindkettő döntően magyar részvétellel készült, több mint ötéves fejlesztőmunka eredményeként.

A fedélzeti számítógép (angol nevének rövidítése után CDM5) egy apró, kis energiafogyasztású, hibatűrő berendezés, aminek teljesen autonóm módon kell levelezni a lander életét, az orbiterről való leválástól a talajt érezen át a megfigyelések elvégzéséig. A „vezénylés” magában foglalja a műszerek irányítását, az adatok összegyűjtését, tárolásukat egy átmeneti memóriában és továbbításukat a keringő egységre a rádióadón keresztül, a földi parancsok vételét, értelmezését és időzített tárolását, valamint az energiaellátás vezérlését. Mindezt egy mai szemmel nézve muzeálisan ósdi – de amúgy szellemes és a világtűrő sugárzást jól tűrő, áramot alig fogyasztó – mikroprocesszorral, és nevésképpen kicsi (64 kilobyte) méretű programmal kellett megoldani. A számítógép a berlini Max Planck Intézet, a Finn Meteorológiai Intézet és a KFKI Részecske és Magfizikai Kutató Intézetek együttműködésében

készült, de a tervezése és a szoftver fejlesztése teljes egészében itthon történt, csak a repülő példányok szerelése zajlott Németországban.

A leszálló egység tápellátó rendszerének kifejlesztését viszont a Budapesti Műszaki Egyetem Mikro hullámú Híradástechnika Tanszékének Úrkutató Csoportja végezte. Ez az az alrendszer, amely a napenergiaiból érkező áramot átalakítja és telepekben tárolja, valamint az egyes műszereket ki/bekapcsolja. Ez az egyszerűen hangzó feladat persze az adott extrém körülmények között egy meglehetősen bonyolult és intelligens rendszert igényel.

Végezetül egy személyes megjegyzés: A KFKI-RMKI egykori munkatársaként korábban én is részt vettem a lander fedélzeti számítógép szoftverjének fejlesztésében: a gép miniatűr operációs rendszerét és a kísérletekkel kapcsolatot tartó programrészt készítettem. Az intézet jelenleg is ott dolgozó munkatársaival, és természetesen a Rosetta programban résztvevő valamennyi hazai és külföldi kutatóval, mérnökkel együtt én is izgulok tehát egy kicsit, hogy a start sikeres legyen. Illog a munkának volt-e eredménye, azt viszont csak egy évtized múlva fogjuk megtudni.

SPÁNYI PÉTER



### Meteor csillagászati évkönyv 2003

Magyar Csillagászati Egyesület, 2002, 326 o., 1800 Ft

**Ízeltő a tartalomról:** Táblázatok, A csillagászat legújabb eredményei, Bolygók más csillagok körül, Kvazárok, A nagy tömegű csillagok keletkezése, Kis égitestek anyagának fejlődése, Bezárolók.

**Megrendelés:** Az Évkönyvet folyamatosan postázzuk mindazon tagjainknak, akik megújítják tagságukat a 2003-as évre, illetve azoknak, akik új belépők. Nem MCSE-tagok az MCSE címen rendelhetik meg 1800 Ft-os áron (1461 Budapest, Pf. 219.), rózsaszín postautalványon, a hátlapon „Évkönyv 2003” megjelöléssel.

## Belépési nyilatkozat

Kérem felvételemet a Magyar Csillagászati Egyesületbe rendes tagként 2003-ra (a tagdíj összege 4200 Ft, illetmény: Meteor csillagászati évkönyv 2003 és a Meteor c. folyóirat)

Név: .....

Cím: .....

Szül. dátum: ..... év ..... hó ..... nap

Telefonszám: ..... E-mail: .....

A tagdíjat az MCSE postacímére (1461 Budapest, Pf. 219.)  
kérjük feladni rózsaszín postautalványon!