

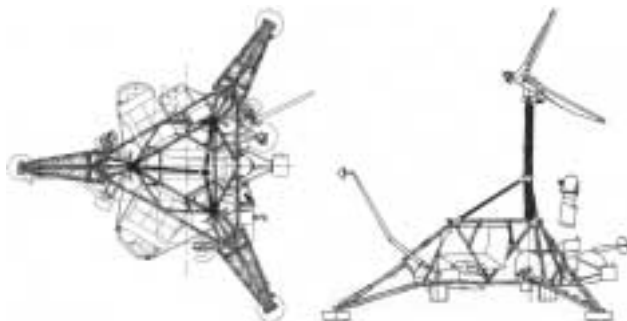
A HUNVEYOR GYAKORLÓ ŰRSZONDAMODELL SOKOLDALÚ FÖLHASZNÁLÁSA A FIZIKA TANÍTÁSÁBAN ÉS A TANTÁRGYI KAPCSOLATOKBAN

Bérczi Szaniszló, ELTE TTK, Anyagfizika Tanszék
 Hegyi Sándor, PTE TTK, Informatika és Általános Technika Tanszék
 Hudoba György, BMF Regionális Oktatási és Innovációs Központ

A Hunveyor-modell megépítése

Bő tíz évvel ezelőtt, 1997 őszén, egy új oktatási formát kezdtünk el az ELTE TTK Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoportjánál. Egy kísérleti és gyakorló jellegű űrszondamodell építéséhez fogtunk. A robot építéséhez a NASA egy 1960-as években használt űrszondája, a Surveyor szerkezetét és fölépítését vettük mintául (1. ábra). A Surveyor-7 1968 februárjában szállt le simán a Holdra a Tycho-kráter északi lejtőjén, és ott mechanikai, mágneses, optikai és sugárzásos anyagvizsgáló méréseket végzett.

1. ábra. A Surveyor-3 1967. áprilisi Holdat érése után 31 hónapot várt Alan L. Beanre, közelében leszálló Apollo-12 űrhajósára. Alatta a Surveyor fölül- és oldalnézetben. A világos és egyszerű elrendezés – lásd a besatírozással kiemelt vázszerkezetet – sugallta a Hunveyor-modell megépítését.



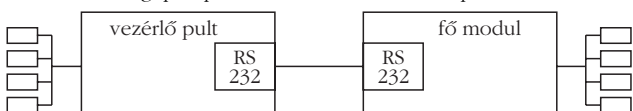
Az űrszondamodell építésével az volt a célunk, hogy megtanuljunk egy olyan összetett kísérleti berendezés építését, amely széleskörűen használható a természettudományos tantárgyak oktatásában. Űrszondamodellünket Hunveyor-nak (Hungarian university Surveyor) neveztük el. A Surveyorok méréseit bemutató szakirodalomból megéreztettük, hogy mi az űrszondacsalád holdfelszíni munkasikerének a titka: az egyszerű vázszerkezet és a jól kigondolt energetika, elektronika és műszerpark. Űrkutatói intézményekben (Space Camp, Huntsville, Space Center, Houston) tett látogatások alkalmával azt is megtapasztalhattuk, hogy az elektronikus rendszer – szimulációs céllal – szintén egy egyszerű alapelrendezésre építhető föl: két számítógép „beszélgetésére” (2. ábra).

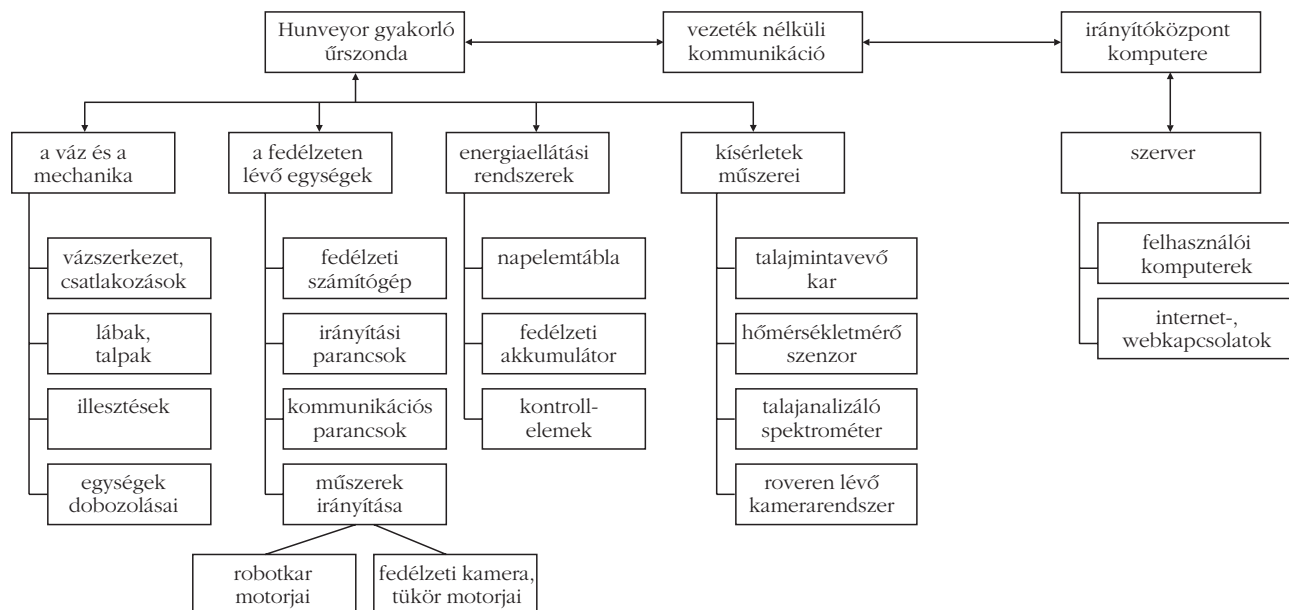
A Surveyor űrkísérletek elemzése után a robotépítés először az ELTE TTK Általános Technika Tanszékén kezdődött meg (később az Általános Fizika Tanszéken folytatódott), majd a munkába bekapcsolódott a Pécsi Tudományegyetem Informatika és Általános Technika Tanszéke és a Budapesti Műszaki Főiskola székesfehérvári Kandó Kálmán Karának munkacsoportja is (és néhány további intézmény vett még részt a munkában, melyekről az 1. táblázatban számolunk be).

A Hunveyor gyakorló űrszondamodell a Surveyor 1/3 méretarányú változatának vázával épült. Az alapelgondolás egy olyan minimálűrszonda-modell építése volt, amely már megérkezett az égitest felszínére és méri a környezetét. E mérések tervezése során csaknem minden természettudományos tantárgy felségvizére eljutottunk. Egy űrszonda: megszőtt irányítási és mérési technológiarendszer (3. ábra).

A mozgatók mechatronikai szerkezeteket kívánunk bekapcsolni. A kísérleti gyakorló űrszonda építése során először egy olyan egyszerű minimálűrszonda készült el (4. ábra), melyen robotkar és fedélzeti kamera működött. Később termikus, mágneses, elektrosztatikus (porgyűjtő), talajkeménység-, illetve talaj-

2. ábra. A Hunveyor-szimulátorrendszer elektronikus alapszerkezete: két számítógép kapcsolata az RS 232-es soros porton.





3. ábra. A Hunveyor építésének blokkdiagramja

1. táblázat	
A jelenlegi Hunveyor–Husar-csoportok	
Hunveyor-1	Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK, Fizikai Intézet, Anyagfizikai Tanszék, Koszmosz Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport, Budapest. Hunveyor-1b és -1c. A minimálűrszonda 1997 őszén készült el, a Husar-1 1998 őszén. Programszervező: <i>Bérczi Szaniszló</i> . http://planetologia.elte.hu/
Hunveyor-2	Pécsi Tudományegyetem, TTK, Informatika és Általános Technika Tanszék, Pécs. Hunveyor-2 minimálűrszonda 1998 tavaszán, Husar-2a, Husar-2b és Husar-2c. Lego Husar változat. Programszervező: <i>Hegyí Sándor</i> . http://www.ttk.pte.hu/ami/urkutato/index2.htm
Hunveyor-3	Berzsenyi Dániel Főiskola, Technika Tanszék és Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely. Hunveyor-3 minimálűrszonda 2001 tavaszán. Programszervező: <i>Károly Csaba</i> .
Hunveyor-4	Budapesti Műszaki Főiskola, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Számítógéptudományi Intézet, Székesfehérvár. A Hunveyor-4 minimálűrszonda 2003 tavaszán, a Husar-4 2004-ben készült el. Programszervező: <i>Hudoba György</i> . http://hunveyor.szgti.bmf.hu/
Hunveyor-5	Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Termőhelyismereti Tanszék, Sopron. Hunveyor-5 minimálűrszonda fejlesztés alatt. Programszervező: <i>Gucsik Arnold</i> .
Hunveyor-6	Dorogi Gimnázium. A Husar-6 2004-ben készült el. Programszervező: <i>Nyerges Gyula</i> .
Hunveyor-7	Pannonhalmi Főapátsági Gimnázium. A Hunveyor-7 előkészületben. Programszervező: <i>Pintér Ambrus</i> .
Hunveyor-8	Simonyi Károly Szakközépiskola, Pécs. A Hunveyor-8 előkészületben. Programszervező: <i>Bíró Tamás</i> .
Hunveyor-9	Tatai Gimnázium, Tata. Programszervező: <i>Maknics András és Magyar Csabáné</i> .

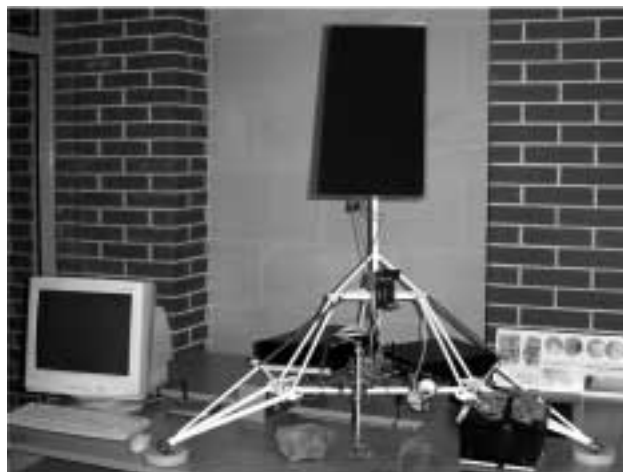
nedvesség-mérő egységek tervezésére is sor került (5. ábra). Mielőtt rátérünk arra, hogyan kapcsolható össze a gyakorló űrszonda építése a természettudományos és technológiai tárgyakkal az egyetemi oktatásban, röviden szólunk az építés folyamatáról.

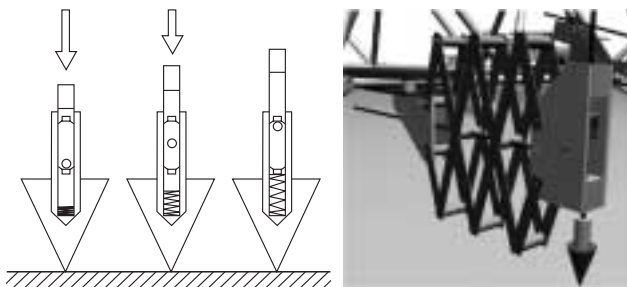
Főbb lépések a Hunveyor-modellek fejlesztésében

A Hunveyor-űrszonda építése során a következő főbb kutatási-oktatási-szervezési stratégiát követtük:

1. A fejlesztési és építési munkát több, egymásra épülő lépcsőben szerveztük meg: először a minimálűrszonda készült el, majd ezt folyamatosan fejlesztettük, úgy, hogy mindvégig működő egészésként szerepelhessen a már elkészült egység.
2. Modul elven építettük az űrszondát: önállóan is fejleszthető és önmagában is megálló és működő egységeket építettünk, s ezeket az önálló részeket mindig

4. ábra. A Hunveyor-1 modell a laborasztalon





5. ábra. Talajkeménység-mérő alrendszerek terve és számítógépes grafikai megvalósítása

összehangoltuk. Ehhez az összehangoláshoz követelmény az, hogy mindvégig kompatibilisek legyenek a részrendszerek.

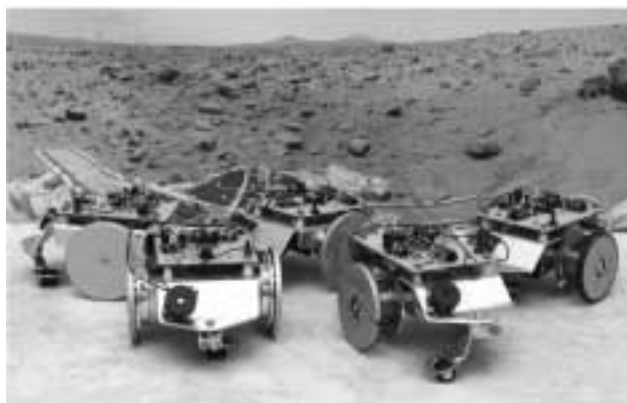
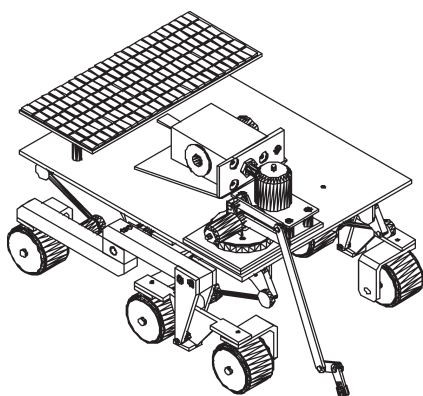
3. Fejlesztési szinteket tűztünk ki célul. E szintek beiktatásával fokozatosan valósítottuk meg először az elektromos hálózatról működő, azután a hálózatfüggetlen, autonóm változatot.

4. A hazai beszerezhetőséget és alacsony költség-szintet szem előtt tartva először PC-alapú elektronikát fejlesztettünk.

5. Csoportmunkát szerveztünk. Hallgatói csoportok és társtárszékű együttműködés egyformán részei voltak a programnak.

Egyfajta oktatási fölhasználási lehetőség volt az is, ha a Hunveyor-modellen folytatott építési munka elkészítési és megvalósítási folyamatát elemeztük. A Hunveyor építése összetett technológiai folyamat, ezért összefoglalható gyártási folyamatábrán. Ez a fo-

6. ábra. A Husar-rover egy terve (föül) és egy megvalósított modell, a mikroroverek (alul)



lyamatábra a műveletsorok térképe, melyen az idő függvényében láthatjuk a munka fázisait. Az oktatásban megjelenő szintézismódszerhez és a technológiák összehasonlító módszeréhez is közel áll a Hunveyor gyakorló űrszondán végzett építő és fejlesztő munka. A művelettérkép nemcsak sorba, hanem összképbe is rendezi a szakaszonként és külön-külön végzett építő műveleteket. A munka elemzésének végeredménye az is, hogy a diákok jobban átlátják és megjegyzik az egyes munkafolyamatokat, a részfolyamatok egymáshoz való viszonyát, átlátják és memorizálják az egyes műveleti lépéseket. Képet alkothatnak a nagy munka egészéről és részeiről is, de a reájuk halmozott részletismeretek nélkül. Megismerhetik tehát a munkafolyamat ábrázolási hierarchiáját is. Ez pedig előnyösen formálja nézeteiket abban az irányban, hogy minden rendszert egy jól megragadható szinten érdemes először áttekinteni, fölösleges részletek elhagyásával. A szerkezeti hierarchia tehát a diákokban formálódó rendszerszemlélet része lesz. Ez a hierarchia ugyanúgy vonatkozik az anyagokra is, melyek tulajdonságait fölhasználják az építés során és a technológiákra, melyek segítségével az építést végzik.

A Hunveyor-modellek használatának egyik újabb célja az, hogy a diákok idejekorán ismerkedjenek meg egy sokoldalúan fejleszthető, érdekes és komplex rendszerrel, amely összeépíthető részrendszerekből áll és működő egységet alkot. Példaértékű az is, hogy számos technológia lekicsinyítve és más technológiák társaságában fordul elő a Hunveyoron. Az építés során a Hunveyor gyakorló űrszonda a modulszerkezetű építést is érzékelteti. De a Hunveyor használatával azok számára is megismerhetővé válnak az űrkutatásban kifejlesztett konstrukciós eredmények, akik ilyenek közelébe sohasem juthatnak el.

A Hunveyor építési program része volt a Koszmosz Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport (KAVÜCS) munkáinak. Munkacsoportjaink lehetővé tették, hogy az űrkutatási munkák rendszerében is elhelyezzük a Hunveyor-modell építését, amely a fejlesztések során a Husar (Hungarian University Surface Analyser Rover) robotautóval bővült (6. és 7. ábra). A Husar-modellek belépésével még inkább szétágaztak a megva-

7. ábra. A Husar-2a rover a terepasztalon



lósítási lehetőségek. A Hunveyor–Husar-rendszer a Pathfinder–Sojourner-együttest modellezi. A műszerpark megoszlik a helyben maradó és a mozgó egység között. A méretek is kísérletezés tárgyai. Egy harmadik lehetőség is van a rendszer bővítésére: egy Hunballon egység magasba emelkedhet egy légkörrel burkolt bolygótest felszínén. Ma ez a Titánra tervezett kutatás számára képzelhető el.

A Hunveyor–Husar-modellek a KAVÜCS tevékenységi rendszerében

A KAVÜCS munkacsoportjai a kozmikus anyagok vizsgálatának négyféle területén tevékenykednek. A NASA holdközeteinek vizsgálatával indult a munka, és a kőzettani anyagkutatás rövidesen kiterjedt a meteoritok vizsgálatára is. Planetológiai vizsgálatokat az égitestfelszíni alakzatok morfológiájának területén végzünk, és közreműködött űrkutató csoportunk a Naprendszer bolygóit bemutató térképsorozat elkészítésében és kiadásában is (*Hargitai Henrik* térképeinél).

A Hunveyor–Husar-fejlesztések képezték az égitestfelszíni mérések modellezését. Kozmikus szerkezetek tervezésénél pedig az űrkutatás és geometria kapcsolatát vizsgáló csoportunk munkáit is hasznosítottuk (*Kabai Sándor*). Visszapillantásunknál most összekapcsoljuk mindezen planetáris anyagvizsgálati munkáinkat és a Hunveyor–Husar-modell építését és fejlesztését. Mindegyik témánkban fontos szerepet játszik az űrkutatás oktatása is, de egy új formában, az oktatva kutatási formában.

A KAVÜCS nagy tématerületeinek összekapcsolása egy magasabb rendszerbe szervezés keretében történhet. Egy távoli bolygótest anyagainak megismerésére irányuló műszaki-tudományos tervezési és építési rendszert tekinthetjük ilyen magasabb rendszernek. Nevezzük végcélnak a bolygótestről begyűjtött anyagok vizsgálatát. (Valójában ezt végezzük a NASA holdközeteinek esetében.) De hosszú műszaki-tudományos tervezési és építési tevékenységsor juttat el bennünket a kőzetmintákhoz, vagy az égitestfelszíni anyagvizsgálatokhoz. E lépéseket, a külön-külön üzemeket kívánó munkákat 10 lépésre bontottuk. Ezeknek a nagy tevékenységi köröknek a nagy részét mi a KAVÜCS keretei között elsősorban megismerni, tanulni és modellezni tudjuk. Mégis, egy áttekintő munka során, ha megismerkedünk az egész folyamattal, az jó fölkészülési stratégia. A nagy tevékenységi köröket, a tudomány- és iparági lépéseket a mellékelt diagram tartalmazza (*2. táblázat*). Ebből a munkasorból tehát többet tevékenyen művelnek is a KAVÜCS űrkutató csoport tagjai.

A munkasort az égitest felszínének megismerésével indítjuk. Ennek ma ismert módja egy égitest körüli pályára helyezett mesterséges hold, amely lefényképezi a bolygó felszínét. Második lépésként az égitest felszínének rétegtani (sztratigráfiai) föltérképezése történik meg. Harmadik lépésnek azt a műveletet vetjük, amikor az orbitális mérések során kőzetek anya-

2. táblázat

A planetáris anyagvizsgálatok

a megismerő munkafolyamat főbb állomásai	a KAVÜCS-nél végzett modellező munkarészek
Az égitest felszínének megismerése orbitális űrszondákkal.	Geomorfológia, fotogeológia, MGS, Lunar Orbiter, Galileo, Cassini, Voyager felvételei
A bolygótestek föltérképezése geográfiai és földtani (sztratigráfiai) módszerekkel.	Tematikus bolygótérkép-sorozat készítése, egyes kis atlasz kötetek geomorfológiai munkái.
Kőzetminták, planetáris felszíni anyagok forráshelyének azonosítása.	Planetáris analóg közelítőhelyek tervezése, látogatása.
Űrszonda tervezése bolygófelszíni vizsgálatokra (lander és rover együttes munkájára).	Űrszonda modellezése a Hunveyor- és a Husar-építésekkel. (Következő szint: holdbázis)
Űreszköz mérőrendszerének építése, tesztelése.	A Hunveyor- és a Husar-modellek építése, tesztelése.
Az űreszköz planetáris felszínre juttatása.	
Mérések, terepi munkák űreszközzel az égitest felszínén.	Terepasztali mérések, szimulációk és analóg terepeken végzett szimulációk, mérések a Hunveyor–Husar-modellekkel.
Mérési adatok, terepi kőzetminták Földre juttatása (Apollo, Luna).	A kapott mérési eredmények földolgozása. Végrehajtott munkák jelentéseinek tanulmányozása (pl. Surveyor-munkák).
Planetáris anyagminták vizsgálata (nemzetközi együttműködésben).	NASA holdközeteinek vizsgálata.
Összehasonlító planetológiai és kozmopetrográfiai szintézis építése.	Az egész munkarendszert elemző, bemutató oktatási anyagok készítése a kis atlaszokban.

gát azonosítjuk, és ezek alapján megtervezünk a mintavevő űrszonda leszállási helyét.

Negyedik lépésként illeken ebbe a tevékenységi sorozatba azok a munkafázisok, amelyek során a Hunveyor- és a Husar-modellek fejlesztése történik. A negyedik lépés űrszonda tervezése bolygófelszíni vizsgálatokra és anyagok begyűjtésére.

Ötödik fázis magának a mérőeszköznek, mérőrendszernek a megépítése és tesztelése. A hatodik fázisnak a leszálló eszköz égitestfelszínre juttatását tekintettük. Ezt a lépést csak szimulációs bemutatással tudjuk követni munkáink során.

Amikor a bolygófelszínre kutató szondák megérkeztek az égitest felszínére, ismét bekapcsolódhatunk a munkába. Méréseket, felszíni vizsgálatokat végezhetünk az égitest felszínén. Ezt a mi adottságaink mellett sokrétűen modellezhetjük. Egyrészt a terepasztalon végzett, másrészt az analóg földrajzi tájakon végzett terepi munkákkal. A nyolcadik munkafázis a terepi mérési adatok „Földre”, adatközpontokba juttatása.



8. ábra. A Hunveyor-4 Mars-analóg terepgyakorlaton, Gánton

Ezt a munkafázist a mérés során a Hunveyor–Husar-modellek és a földi irányítóközpont szerepét betöltő számítógép közötti kommunikációval tudjuk megvalósítani.

Kilencedik munkafázis lehet a Földre jutott (NASA) kőzetminták mikroszkópi (és spektroszkópi) összehasonlító anyagvizsgálata. Ez utóbbi során a résztvevő egyetemi hallgatók a NASA-holdközvetek tanulmányozásán keresztül megismerkedhetnek számos planetáris kőzettani anyag típussal, bolygóközettani kutatási programmal is. A kutatva tanulás lehetőségét a kozmikus anyagokkal párhuzamosan földi anyagok technológiáinak megismerésére is fölhasználjuk.

A befejező munkafázis az egész munkaprogram összegzése, melynek során összehasonlító planetológiai és kozmo-petrográfiai (*petrográfia = kőzettan*) szintézis születik. A program elágazásai szinte kimeríthetetlen gazdagsággal követik mindazokat a lehetőségeket, amelyekbe diákjaink és egyetemi, főiskolai hallgatóink már ma is be tudnak kapcsolódni a nagy űrügynökségek folyamatban lévő űrprogramjaiban.

Ebben a planetáris anyagvizsgálati munkasorban lehet igazán értékelni azokat a munkafázisokat, amelyeket a Hunveyor építése és a Husar-rover fejlesztése képvisel. Fontos mindig tudatosítanunk, hogy mind ezt modellezési szinten végezzük, de a nagyobb iparági vertikumban elfoglalt helyét is láthatjuk.

A munkák kidolgozása és megszervezése: a munkákban részt vevő egyetemi hallgatók megismerkedhetnek számos műszaki és terepi geológiai megfigyelési és mérési programmal, melyek részét képezik a bolygó kutatási programoknak is. Másrészt a terepi munkát „át tudják majd fogalmazni” műszeres közvetett munkává és a Hunveyor–Husar-robotépítésen be-

tervezett mérésekké. A hallgatók számára ezzel lehetőség nyílik (már a közép-, majd a felsőfokú oktatási szakaszban) az űreszközökkel végzett komplex tevékenységek ipari szintű, igen összetett folyamatába való bekapcsolódásra.

Terepgyakorlatok a Hunveyor–Husar-modellekkel

A természettudományos kutatói oldal sokrétűségét nézzük meg például a geológiai oldalról. A célégitest felszínének anyagát, például a holdi vagy a marsi talajt sokféle műszerrel vizsgálták már a simán leszállt Surveyor, illetve Viking és Pathfinder robotok, valamint az Apollo-űrhajósok is. A terepi geológiai munkák bekapcsolására kiegészítettük a Hunveyort egy terepasztallal, amely különféle planetáris tájakat modellezhet. Berendeztük már holdi, marsi sivatagi, sőt folyóvölgyi terepként is. A Husar-roverrel társítva a Hunveyort e tájról internetre képet is közvetítettünk. Az internetcímről volt mozgatható a kisautó is és a kaparó kar is. A kar beáshatott és megemelhette a sivatag homokját, mely azután visszacsorgott a sivatagi tájra. Egyik sivatagunk a Naprendszer főbb kőzettípusait mutatta be. Egy másik marsi sivatagi tájat a Pathfinder által fényképezett olyan sziklával népesítettük be, amelyeket a bolygótestek sivatagos felszínét érő hatások, átalakítások mintázata borította (porlerakódás, becsapódás, áramlás utáni elrendezetség stb.)

2005-ben célul tűztük ki azt, hogy terepgyakorlatokon is kipróbáljuk a rendszert. Elhatároztuk, hogy olyan planetáris analóg helyszíneket látogatunk meg Magyarországon, amelyek mind a geológiai terepi munka szempontjából, mind pedig a Hunveyor-fejlesztések és a mérések fejlesztése és kipróbálása szempontjából sok haszonnal járhatnak a fejlesztők számára. Az első ilyen terepi látogatásra a Kecskemét melletti Fülöpházán került sor. Itt található hazánk egyetlen futóhomokos dűnesora. Második terepgyakorlatunkra Nógrádon, a Vár-hegy melletti mezőkön található éles kavicsok terepén került sor. Ezek a marsi jégkorszaki szelek által lapos oldalúakra csiszolt kőzetdarabok földi párjai. Később látogatást tettünk a béri andezitnél, majd Gánton a külszíni fejtés bányagödrenél (8. ábra). Itt a vörös sziklasivatagi táj vízmosásai, kőzetkibúvási és más felszíni formái tették a terepet szintén marsi analóg tájjá. Egy másik terepgyakorlat-csoportot a Mecsek-hegységben tartottunk: Hosszúhetényben a vénuszi kőzetekkel is rokon fonolitot bányásszák. Újabb nagy analóg szimulációs terepgyakorlatunk volt a szentbékállai (9. ábra) és a hegyestűi látogatás (10. ábra).

Mindkét helyen bazaltok vannak jelen és a bazaltok, mondhatni, interplanetáris kőzetek, csaknem minden égitesten előfordulnak. A szentbékállai kőzet jelentősége abban áll, hogy a tufában található zárványok egy sorozata rokonítható a marsi eredetű shergottitos meteoritek körében fölismert magmás kőzetsorozathoz. A Hegyestű bazaltoszlopai pedig a



9. ábra. Hunveyor- és Husar-modellek szimulációs terepgyakorlaton Szentbékállán

kiömlés folyamatáról mutatnak be szemléletes metaszeképet, égitestléptéken. Ma még csak elkezdhattük ennek a gazdag kapcsolatrendszernek a művelését, amit a robotok terepi használata jelent. A Husar-rover újabb kipróbálási lehetőségét jelentette egy amerikai terepgyakorlat, melyet *Hargítai Henrik* hajtott végre a Sziklás-hegységben, a Marsi Sivatagi Bázison a Husar-2b robotautóval (11. ábra).

A Hunveyor–Husar-modellek pedagógiai értéke

A gyakorló űrszondamodellek építése a modern oktatási formák felé mutat: tehát pedagógiai értékű is ez az építési program. Tantárgyintegráló szerepe is elvitathatatlan. Az a hallgató, aki egy működő űrszondát a maga sokszínű fedélzeti technológiáival, elektronikaival, informatikai feladataival végiggyakorolt, meg fogja állni a helyét a polgári életben is, ahol a technológiák ismerete és a szervező-építő tudás is nélkülözhetetlen.

A Hunveyor-rendszer a jövőbeli érdekesítő oktatás egyik ígérete. A Hunveyor gyakorló űrszonda vázának, elektronikájának, s a kezdetben fölszerelésre kerülő

10. ábra. A Hunveyor-4 Hegyestűn



egyszerűbb mérőrendszereinek megépítésével a hallgatók informatikai, környezettudományi, fizikai, kémiai és planetáris geológiai ismeretei is gyarapodnak. Fontos, hogy mindvégig egységes eszkésként kezelik a műszer-együttest mint technológiai rendszert, amely befogadja, méri és továbbítja a környezet folyamatairól érkező adatokat. Az űrszonda mérő és informatikai folyamatait kapcsoltan, szintézisben kell, hogy lássák a diákok a környezetben zajló áramlásokkal (szél, víz, talaj, hő stb.), melyekbe a mérőműszerek „csápjaikat” belemerítik. A Hunveyor kísérleti gyakorló űrszonda építési munkái így rendszerszemléletet is kialakítanak bennük.

A 21. századi oktatásban célunk az is, hogy tantárgyaink legyenek érdekesek és aktuálisak. A végzett feladatok tegyék a diákokat képzeletgazdaggá is. Ezért ne csak kész feladatokat adjunk nekik, hanem mozgassuk meg fantáziájukat a tennivalók sokrétűségével. Mi, tanárok, már előre kigondoltuk számos részletét a komplex Hunveyor-építési feladatnak. De hagyjuk a diákokat szabadon alkotni, csak bizonyos célokat (talajt kaparjon a robotkar, nézzen körül a kamera stb.) adjunk meg, s a megvalósítást bízzuk rájuk. Ez az életre nevelő, konstruáló természetudományi és technológiai oktatás ismét vonzó lesz a diákok számára. Ebben a munkában várjuk az érdeklődő kollégák együttműködését.

11. ábra. A Husar-2b részt vett a utahi Mars Desert Station programon, a Mars-analóg tájon, ahova Hargítai Henrik kollégánk vitte el.



A Hunveyor kísérleti gyakorló űrszonda szerkezete és a planetáris felszíni áramlások közötti kölcsönhatási mátrix

		Hunveyor				
		váz + felületek	érzékelők + elektronika	energiaellátás	mozgató egységek	kommunikáció, rádióantennák
égitest szerkezeti, felszíni részeti, áramlások	szél, gázok áramlása	A nagy szélnyomás elsodorhatja, kibilentheti a szerkezetet.	„Érzékelő fűlek” a szél, tömegspektrométer a kémiai összetétel mérésére.			
	talaj, a felszíni por	A felszíni poranyag lerakódhat a Hunveyor szabad felületein.	Kiszűrés, vizsgálatba és műszerbe „beemelés”, kémiai összetétel vizsgálata.	A lerakódó por idővel gyengíti az energiatermelés hatékonyságát.	A mozgó alkatrészeket a felszínen szálló portól védeni kell.	
	fény, színek	A Napról jövő fény szóródhat, és tükröződhet a Hunveyor felületein.	Visszavert fény színképelemzése spektroszkóppal, közetek színe, fényképek.	Napelem termeli az űrszonda energiáját, kísérlethez fókuszálható.		
	hő, termikus viszonyok	Bizonyos irányokban hőszigetelés/hőelvezetés kell. Hőtágulás!	Hőmérők, hőtágulásmérők, hőtágulásbélyegek.	Tükörrel vagy lencsével fókuszálható a napfény egyes kísérletekhez.		
	elektromos töltések	Feltölthetik a vázat, ha nincsen elektromos földelés.	Elektrosztatikus effektusok mérése.			
	mágneses szemcsék	Bizonyos anyagok esetén a vázra rakhatók a talaj mágnesesen aktív pora.	Mágneses szemcsék szelektálása alakzatra rendeződéssel (dán kísérlet).			

A Hunveyor–Husar-modellrendszer távlatai

A Hunballon említésével már érintettük a távlati terveket is. A Hunveyor–Husar-modellrendszer a földi környezettudomány oktatásának is fontos kísérleti objektuma. A robotokon helyet foglaló technológiák olyan műveletsorokat alkotnak, amelyek mátrixba rendezhetők. Ezzel a Hunveyor-mátrixszal a meglátogatott bolygótest felszínén zajló áramlásokat és a Hunveyor–Husar-modelleken lévő mérő- és információs technológiákat kapcsolhatjuk össze. Amikor a mátrixot egy űrszonda elvi bemutatására használjuk, akkor az összekapcsolt mérő és információs technológiák térképét láthatjuk magunk előtt, mert az űrszonda: megszűnt mérő, információs és adatfeldolgozó technológiák együttese. A Hunveyor-mátrixban (3. táblázat) a vízszintes irányban haladó méréstechnológiák és az oszlopokat képező környezeti áramok keresztezik egymást. Egy bolygófelszíni áramlást különböző mérési műveletekkel érzékelhetünk. Ezek a mérések képezik a mátrix oszlopait. Például a szél és a por áramlásába, anyagáramába különféle méréstechnológiai érzékelők nyúlnak bele. A Hunveyor-mátrix tehát egyszerre láttatja velünk a méréshez használt műszereket és a környezet áramlásait. Mindezek a földi környezetben is hasznosítható ismeretek. Egy másik távlatos fejlesztési irány a számítástechnika terén végzett fejlesztések sokasága, a műszerek kicsinyítése, valamint a hordozhatóság elérése.

A Hunveyor-építési munkát segíti az, hogy az elmúlt tíz évben öt alkalommal fejlesztési támogatást

kaptunk témapályázat keretében a Magyar Űrkutatási Irodától. Ezekért a támogatásokért a Hunveyor–Husar-modellrendszert fejlesztő közösség nevében is köszönetet mondunk.

Irodalom

- Bérczi Sz., Cech V., Hegyi S., Borbola T., Diósy T., Köllő Z., Tóth Sz. (1998): *Lunar and Planetary Science XXIX*, #1267, Houston
- Bérczi Sz., Drommer B., Cech V., Hegyi S., Herbert J., Tóth Sz., Diósy T., Roskó F., Borbola T. (1999): *Lunar and Planetary Science XXX*, #1332, Houston
- Hegyi S., B. Kovács, M. Keresztesi, I. Béres, Gimesi, Gy. Imrek, Lengyel, J. Herbert (2000): *Lunar and Planetary Science XXXI*, #1103, Houston,
- Roskó F., T. Diósy, Sz. Bérczi, A. Fabriczy, V. Cech, S. Hegyi (2000): *Lunar and Planetary Science XXXI*, #1572, Houston,
- Bérczi Sz., T. Diósy, Sz. Tóth, S. Hegyi, Gy. Imrek, Zs. Kovács, V. Cech, E. Müller-Bodó, F. Roskó, L. Szentpétery, Gy. Hudoba (2002): *Lunar and Planetary Science XXXIII*, Abstract #1496, LPI, Houston (CD-ROM).
- Hudoba Gy., Balogh Z., Sáfár A., Bérczi Sz. (2006): *Constructing Hunveyor-4 Educational Space Probe*. (SAMI-2006), Herlany, Slovakia
- Hudoba Gy., S. Hegyi, H. Hargitai, A. Gucsik, S. Józsa, A. Kereszturi, A. Sik, Gy. Szakmány, T. Földi, P. Gadányi, Sz. Bérczi. (2006): *Lunar and Planetary Science XXXVII*, #1114, LPI, Houston.
2005. augusztus 29-i dátummal Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoportunk egy kollektívája megkapta a „Hunveyor szabadalmát”, melyet eredetileg 2000. augusztus 14-én nyújtottunk be. A Szabadalmi Okirat adatai: A Magyar Szabadalmi Hivatal az okirathoz fűzött leírás alapján 224 382 lajstromszámon, a P 00 03283 ügyszámú bejelentésre szabadalmat adott. A szabadalmi bejelentés napja 2000. augusztus 14. A találmány címe: *Planetáris felszíni viszonyok modellezésére és mérésére alkalmas elrendezés*. A szabadalom jogosultja és feltaláló: *Bérczi Szaniszló*, Budapest, *Diósy Tamás*, Budapest, *Drommer Bálint*, Budapest, *Földi Tivadar*, Budapest, *Tóth Szabolcs*, Szeged. Munkánkat sok mindenben segítette *Varga Tamás Péter* szabadalmi ügyvivő úr.