

BioDos – Egyetemi hallgatók asztrobiológiai kísérlete sztratoszférikus ballon platformon

Grósz Veronika

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

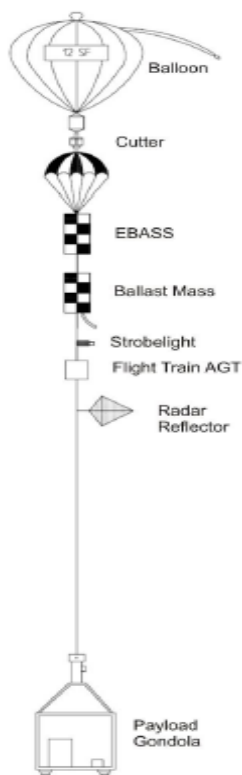
A 2012-es évben három magyar diákkísérletet is felvettek az ESA, SNSB és DLR által egyetemistáknak meghirdetett REXUS/BEXUS (Rocket/Balloon Experiments for University Students) programjába. Az alábbiakban a Semmelweis Egyetem és a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem közreműködésével megvalósult BioDos kísérletről lesz szó, amely az UV-sugárzás biológiai hatásait volt hivatott vizsgálni egy sztratoszférikus ballon fedélzetén.

A BEXUS platform

Az évente induló REXUS/BEXUS program a DLR (Német Légügyi és Űrkutatási Központ) és az SNSB (Svéd Nemzeti Űrkutatási Bizottság) űrügynökségek közti kétoldali megegyezés eredménye. A svéd oldal az Európai Űrügynökséggel (ESA) együttműködve lehetővé tette a programba való bekapcsolódást más európai országok, így Magyarország számára is. A BioDos kísérlet finanszírozása a Magyar Űrkutatási Iroda segítségével a PECS keretből történt.

A BEXUS program keretében minden évben két 12 000 m³ térfogatú, héliummal töltött sztratoszférikus ballont indítanak a svédországi Esrange Űrközpontból, amelyek gondolája hordozza a hasznos terhet, így a kiválasztott kísérleteket is. Az elért maximális magasság a rendszer súlyától függ, és 25–30 km közé tehető. A rendszer az 1. ábrán bemutatott egységekből épül fel. Legfontosabb elemei (a gondolán kívül) a cutter, amely a repülés végeztével felhasítja a ballont, és a fedélzeti egységek vezérlését és a telemetria adatok gyűjtését lehetővé tevő EBASS (*Esrange Balloon Service System*). A fedélzeten levő kísérletek rádiós kapcsolatban vannak az esrange-i földi egységekkel és így a kísérletező csoporttal és a jelenlevő szakértőkkel. A kommunikáció a ballon teljes repülési ideje alatt működik, lehetővé téve a mérési adatok azonnali lekérdezését és a kísérlet irányítását.

A ballon repülési ideje a környezeti faktorok és a kísérletezők igényeinek függvénye; az előbbiektől közbe tartozik az időjárás illetve azon terület adottságai, amely felett a ballon éppen tartózkodik. Esrange Észak-Svédországban helyezkedik el, közel a finn és az orosz határhoz. Ez a terület ritkán lakott; ennek előnye, hogy a ballon repülése és landolása nem jelent potenciális veszélyt a lakosságra. A szétszórta jelen levő falvak védelme érdekében az esrange-i biztonsági szakemberek a repülés ideje alatt folyamatosan figyelik a ballon útirányát, és amennyiben az valamely település felé venné az irányt, a ballont levágták és a repülés befejeződik. Ugyanez igaz arra az esetre, ha a ballon előreláthatóan



1. ábra A BEXUS rendszer felépítése

tavakkal tarkított területre érne, hiszen a vízben landolás nem csak a kísérleteket, hanem a ballon rendszereit is tönkretenné, lehetetlenné téve az elemek újrafelhasználását a következő BEXUS ciklusban.

A programban részt vevő kísérletek a természettudományos kutatási területek széles spektrumát ölelik fel. A 2012-es csoportok vizsgálatai között a sugárzási fizika, az atmoszférafizika és az asztrobiológia kérdéskörei szerepeltek, melyekhez a sztratoszféra megfelelő vizsgálati környezetet jelentett. Az UV-sugárzást vizsgáló BioDos asztrobiológiai kísérlet számára például a 25 km-es magasságban erősen megritkuló ózonréteg, és az ennek hatására megnövekedett UV-B és UV-C sugárzás miatt volt ideális a BEXUS platform.

BioDos – a csoport és a kísérlet

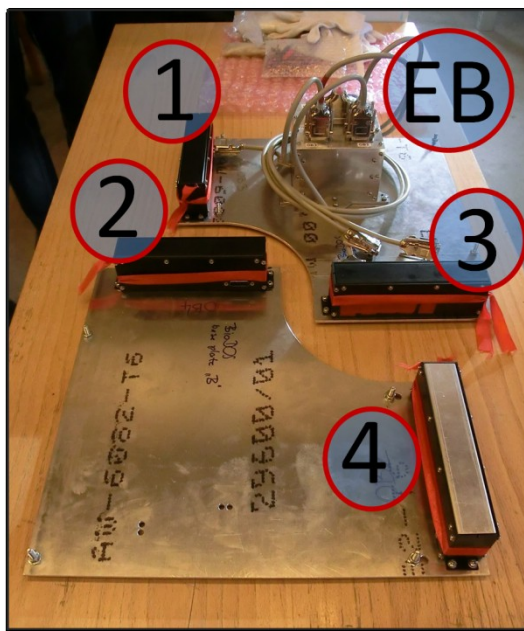
A kísérlet célja a sztratoszférikus UV-sugárzás hatásainak vizsgálata volt biokémiai mintán. Molekuláris szinten az ultraibolya sugárzás által leggyakrabban kiváltott sérülések alapja az a fotokémiai folyamat, melynek során a DNS egyes alkotóelemei, a pirimidin szerves bázisok összekapcsolódnak (dimerizálódnak) és ciklobután pirimidin dimereket (CPD-eket), illetve 6,4 fototermékeket képeznek. Ezen termékek jelenléte a DNS megkettőződése során báziscseréhez, tehát helytelen replikációhoz vezet, így fejtve ki az élő szervezetekre káros, mutagén hatást. Mindezek alapján látható, hogy az UV-sugárzás hatására bekövetkező molekuláris sérülések biokémiai és biológiai modelleken elemezhetőek, mely modellek kritériuma a fototermék-képződésben központi szerepet játszó pirimidin bázisok (timin, citozin, uracil) jelenléte. A BioDos kísérletben kvarc hordozóra vékonyrétegben felvitt uracil bázist használtunk. UV-tartományú besugárzás hatására két egyidejű folyamat játszódik le a vékonyrétegben: az uracil bázisok dimerizációja, illetve ennek ellentéte, vagyis a dimerek szétkapcsolódása, monomerizációja. E két folyamat a besugárzás hullámhossztartományától függő arányban történik; nagyobb hullámhosszak a dimerizáció, rövidebb hullámhosszak (~240 nm alatt) pedig a monomerizáció irányába tolják el a folyamatot. A dimerizáció és a monomerizáció folyamata az uracil abszorpciájának, vagyis optikai denzitásának („fényelnyelési képességének”) változását vonja maga után. Elmondható, hogy a molekulák összekapcsolódása az optikai denzitás csökkenésével, a dimerek szétbomlása pedig ugyanezen tulajdonság növekedésével jár, változásának mértéke pedig arányos az UV-besugárzás mértékével.

Az optikai denzitás változása UV-VIS spektrofotométerrel követhető, ám ez nem teszi lehetővé a folyamatos mérést. Így a pirimidin biodoziméterek űrbéli alkalmazása esetén, ahol a mintákhoz csak a felbocsátás előtt és után lehet hozzáférni, kizárólag a kezdeti és a végállapotról kaphatóak adatok, az optikai denzitás változásának dinamikájáról nem. A tudományos célkitűzésekkel egybefonódva a kísérlet műszaki célja tehát egy olyan technológiai megoldás fejlesztése volt, amellyel folyamatos, *in situ* biodozimetriai mérések végezhetőek el első lépésként a BEXUS ballonon, majd földi mérőállomásokon, valamint műholdfedélzeten is. A mérés alapja az optikai denzitás és a sugárzási intenzitás összefüggése. Az optikai denzitás csökkenése azt jelenti, hogy a rászó sugárzás egyre nagyobb részét fogja változatlanul át-ereszteni a minta. UV-tartományban érzékeny fotodetektort helyezve a minta mögé, ez a fokozódó fényáteresztés a detektor kimeneti jelének növekedésével jár együtt. Egy, a csilláptatlan sugárzást mérő referenciadetektor segítségével a nyert intenzitás-adatok egyszerűen átszámolhatók optikai denzitássá. Megfelelően választott mintavételezési frekvenciával megvalósítható a folyamatos mérés és a változások dinamikájának pontos követése.

A BioDos kísérlet elrendezése a fentiekben ismertetett elveket formázta a ballon által nyújtott lehetőségekhez. Az elrendezés két fő elemet tartalmazott; a kísérlet elektronikai központi egységét: az adatgyűjtésért, kommunikációért, energiaszolgáltatásért felelős Elektronikai Dobozt és a sugárzásnak kitett, illetve a sugárzástól védett, referenciaként szolgáló uracil mintákat és UV fotodiódákat tartalmazó négy Optikai Dobozt (2. ábra). Ez utóbbiakat a gon-

dola négy oldalára rögzítettük, így biztosítva azt, hogy akárhogyan fordul a gondola, minden időpillanatban legyen sugárzást kapó minta. Az adatgyűjtést irányító fedélzeti, illetve földi szoftver lehetővé tette a kísérleti adatok tárolását, azonnali megjelenítését és (például a mintavételi frekvencia változtatására irányuló) utasítások kiadását.

A BioDos kísérlet két űrkutatással foglalkozó egyetemi műhely diákjainak és szakértőinek közös eredménye. A csoport tagjai a BME informatikus, villamos-, gépész- és biomérnök hallgatói. Ez a sokszínűség a kísérlet megvalósításához szükséges tudományterületek sokféleségét tükrözi. A biológiai, biofizikai kérdéseket a Semmelweis Egyetem Biofizikai Kutatócsoportjának szakértői, a műszaki megoldásokkal kapcsolatban felmerülő problémákat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Űrkutató Csoportjának szakemberei konzultálták. Atmoszférafizikai kérdésekben a Magyar Tudományos Akadémia Geofizikai és Geodéziai Kutatóintézetének szakértője nyújtott segítséget.



2. ábra A BioDos kísérleti felépítése.
1–4: optikai dobozok; EB: elektronikai doboz

Mérőföldkövek

A BEXUS programot szervező ürugynökségek a kísérlet fejlesztését a rendelkezésre álló, közel tíz hónapos időszakban folyamatosan figyelemmel kísérték. A BioDos kísérlet fejlesztése 2011 decemberétől 2012 szeptemberéig tartott, az eredmények kiértékelése pedig 2013 folyamán fejeződik be.

A BEXUS program időrendje a következő volt:

- *Selection Workshop* (2011. december 5–9.)
- *Preliminary Design Review* (PDR, 2012. február 27.–március 3.)
- *Critical Design Review* (CDR, 2012. május 24–25.)
- *Integration Progress Review* (IPR, 2012. augusztus 1.)
- *Experiment Acceptance Review* (EAR, 2012. szeptember 6.)
- *Launch Campaign* (2012. szeptember 20–30.)
- *Experiment Results Symposium* (2013. június 9–13.)

A szervezőkkel való kommunikáció elsődleges eszköze a SED (*Student Experiment Documentation*), amely az űrprogramok során készített dokumentumok egyszerűsített változata. Ez tartalmazott minden, a kísérlettel kapcsolatos információt: a tudományos háttér magyarázatát, az alkalmazott áramkörök kapcsolási rajzát, a kísérleti dobozok mechanikai terveit, de még a projektmenedzsment részleteit is. A SED a kísérleti tervek kidolgozottságának és a kísérlet pillanatnyi állásának megfelelően az első pillanattól az utolsóig bővült.



3. ábra Tesztelés az *Experiment Acceptance Review*-n

A munka első szakaszában (*Selection Workshop*–PDR) készültek el a kísérlet előzetes tervei, és megkezdték az alkatrészek megrendelését és tesztelését. A PDR során a szervező ürrügynökségek szakértői véleményezték ezeket a terveket, felhívták a figyelmet az esetleges problémákra, illetve megoldási javaslatokat is tettek. A program következő fázisában (PDR–CDR) a kísérleti terv véglegesítése, a mérési módszer validálása (vagyis a detektorok és az uracil minták tesztelése), valamint az áramkörök deszkamodelljeinek kifejlesztése zajlott.

A CDR után kezdődött a kísérleti egységek elkészítése: a deszkamodelllek tesztelése, majd a repülő példány nyomtatott áramköreinek megtervezése, beültetése és tesztelése, továbbá a kábelek elkészítése. Ez a fázis felölelte a két utolsó felülvizsgálatot is, az IPR-t és az EAR-t, amelyekre a ballon felengedése előtti egy hónapban került sor. Míg a PDR és a CDR esetében a csoport tagjai utaztak el Hollandiába illetve Svédországba, hogy bemutassák a kísérlet aktuális állapotát, az IPR és az EAR során a program két szakértője jött Budapestre, akik megtekinthették a csoport rendelkezésére álló laboratóriumokat és műhelyeket.

Az utolsó fázisban (a *Launch Campaign* előtt és alatt) a teszteken volt a hangsúly. A fejlesztés lezárásaként az egyetemi berendezésekkel végeztük el az utolsó rendszertesztet szimulált UV-környezetben, a teljes kísérleti setupot összeállítva. A startra a csoport négy tagja utazott ki az Esrange Űrközpontba, ahol a tesztelési fázis folytatódott az egyéni és központilag szervezett funkcionális és interferenciatesztekkel, melyek során a diákcsoportok és az ottani szakértők azt vizsgálták, hogy egyrészt a kísérletek képesek-e együttműködni a gondola rendszereivel, másrészt az egyes kísérletek nem zavarják-e egymást.

A BEXUS-15 ballon, amelyen a BioDos kísérlet egy francia–japán, egy olasz és egy német diákkísérlettel együtt kapott helyet, 2012. szeptember 25-én, magyar idő szerint 12 óra 18 perckor emelkedett fel. Hosszú repülési idő jutott neki osztályrészül: sötétedés után, 18 óra 28 perckor vágták le. A gondola Finnországban landolt, és két nap múlva szállították vissza az űrközpontba.



4. ábra *A felengedés pillanata*

A 2012-es év utolsó hónapjaiban a csoport a kísérleti és telemetriaadatok kiértékelésén és a dokumentáció véglegesítésén dolgozott, ám a program még nem fejeződött be. Zárása a 2013 júniusában rendezendő konferencia lesz, amelyen a BEXUS-14/15 programban részt vevő csapatok bemutatják kísérleteik tudományos és technikai eredményeit, valamint tanulságait.

Kitekintés

Az itt bemutatott kísérlet és a hozzá kapcsolódó biodozimetriai módszerfejlesztés feldolgozása nem ért véget a BioDos-szal. A projekt folyamán, de főleg a ballon repülése alatt szerzett adatok és tapasztalatok kiindulási alapot szolgáltatnak a módszer finomításához. A következő, 2013-as BEXUS-ciklus résztvevői között szerepel a BioDos utódja, a Daemon kísérlet, így a hallgatói csoportban felmerült új műszaki és tudományos megoldások, ötletek 2013 folyamán megvalósulhatnak.