

Hazai közeli világűr ballonkísérletek 2017–2018 folyamán

**Hegedüs Tibor¹, Jäger Zoltán¹, Goda Zoltán²,
Papp László³, Szing Attila⁴**

¹Szegedi Tudományegyetem Bajai Obszervatóriuma

²Nemzeti Közszerológati Egyetem Vízstudományi Kar, Baja

³Magyar Rádióamatőr Szövetség (MRASZ), HG8LXL, Csongrád

⁴StratoLab Kutató, Fejlesztő és Innovációs Kft., Budapest

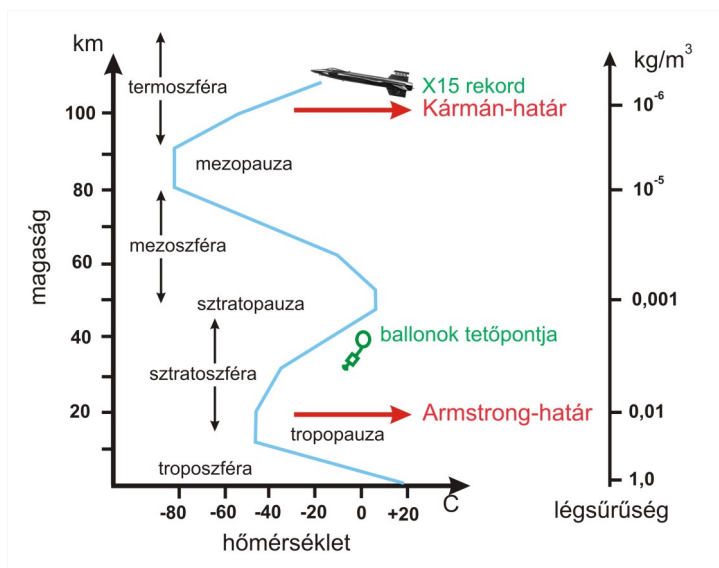
A világűr „határa”

A kívülálló érdeklődő nagyközönség számára ma is meghatározó kérdés: a földfelszínről elemelkedve vajon mekkora magasságig beszélhetünk légkörrel, és hol kezdődik a világűr? Egyáltalán meg lehet ezt pontosan mondani? Ez a kérdés világszerte ismert és nagyra becsült fizikusunkat, Kármán Tódort (1881–1963) is nagyon izgatta. Minthogy a világűrbe történő kijutás kísérletei a 1930-as évekre már ténylegesen egyre nagyobb magasságokba jutottak el, egyre több mérési adat vált elérhetővé, és egyre több tudás gyűlt össze Földünk atmoszférájának magassági elrendeződéséről. Végül Kármán egy remek gyakorlati definíciót alkotott meg, amellyel sikerült élesen elhatárolnia a világot két részre: addig nevezzük légkörnek, amíg a leesés nélkül a Földet körülkerülő, a közegellenállás legyőzésére semmiféle meghajtást, avagy üzemanyag-felhasználást igénybe nem vevő „jármű” nem képes egy teljes kört sem leírni, és rövidesen lezuhan – felette beszélhetünk világűrrel. Ezt Kármán számításokkal meg is határozta, és a mai napig az ő nevét is viseli: ez a Kármán-határvonal. Ez, azaz a világűr határa nagyjából a 100 km körüli magasságban van (ez kicsit változik, évszakoktól, a naptevékenység szintjétől függően). Felette űreszközök népesítik be bolygónk környezetét, az alatta lévő tartomány járható be relatíve egyszerűbb repülő szerkezetekkel. Érdekes történelmi tény, hogy az űrkutatás hajnalán nagyon próbálgatta a két egymással versenyző világbirodalom a Kármán-határvonal környékét: az USA 1963-ban egy X-15-ös hiperszónikus „rakéta-repülőgéppel” 108 km magasságot ért el¹, az oroszok pedig valamivel később

¹ Pilótája Joseph A. Walker volt; tulajdonképpen a repülés felső szakaszán járművét egy szabadesésű rakétatestnek tekinthetjük, különösebb aerodinamikai irányíthatóság nélkül.

alig e magasság felett keringő, ember nélküli műholdkísérletet hajtottak végre, aerodinamikai irányítással. A műhold igazi célja máig sem ismert, de tény, hogy jónéhány keringést megtett, majd a Kármán-határ átlépése után röviddel gyorsan lefékeződött, és lezuhant.

A légkör fizikai tulajdonságai még a Kármán-határ alatt is közelítőleg ugyanazok több tíz kilométerrel alacsonyabban is – még ha alkalmatlanná is teszik ezt a tartományt az űrhajózás szempontjából. Ezért műszaki-technikai szempontból a légkör legsűrűbb, időjárási jelenségekkel is átszőtt tartományához képest célszerűnek tűnik még ezt a tartományt is elkülöníteni. De vajon hol húzzuk meg ennek alsó határát? Sok szempontot lehetne figyelembe venni, de megmaradva az űrhajózás kérdéseinél, az vált általánosan elfogadottá, hogy onnantól kezdve „űrszerűek” a viszonyok, ahol a magassággal csökkenő légnyomás mellett a víz forráspontja eléri a helyi hőmérsékletet. Efölött a magasság fölött az ember csak speciális védőöltözetben képes életben maradni. Ezt nevezik Armstrong-határnak, és kb. 19 km magasságnál húzódik. Az Armstrong-határ és a Kármán-határ közötti tartományt általánosan közeli világűrnek (angolul: near space) nevezik.

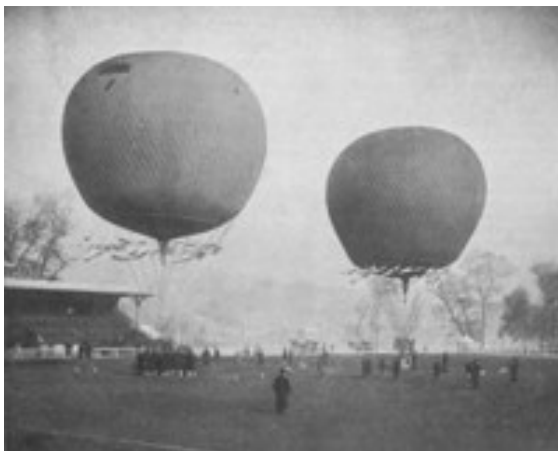


1. ábra: A légkör közelítőleges szerkezete

Hazai előzmények

A fölöttünk lévő magasságok meghódítása nem tudományos okokból indult, hanem az ember repülési vágya hajtotta. Mindenki ismeri kisiskolás tanulmányaiból a Montgolfier-testvérek első hőlégballonos repülését (1783), amellyel kb. 1600–2000 m magasságot értek el. A fedélzeten utazó emberrel megvalósult ballonos repülés következő említésre méltó rekordja a mai utasszállító repülőgépek utazómagasságát meghaladó magasságot (11 887 m) elért Henry Coxwell és James Glaisher (1862) nevéhez fűződik. Glaisher az alacsony légnyomás és hőmérséklet miatt el is ájult a repülés során – így világossá vált, hogy nagyobb magasságokat speciális védőöltözet nélkül nem hódíthat meg az ember. A légkör valódi vastagsága, és fizikai/kémiai tulajdonságainak a magassággal történő változása ekkortájt vált a tudományos érdeklődés tárgyává. Dokumentáltan egy francia tudós, Jules Richard volt az első, aki precíz műszerekkel felszerelt ballont juttatott fel, 15 240 m magasságot elérve (1893). Az egyre szaporodó hasonló kísérletek alapján rövidesen felfedezték a sztratoszférát (Léon Teisserenc de Bort, 1899). A jelenlegi dokumentált ballonos magassági rekordot Japánban állították fel 2002-ben, 53 km magasságba juttatva egy hélium töltésű polietilén ballont.

Magyarországon 1902. május 1-jén szállt fel az első gázballon (Turul), és 4000 m magasságot ért el repülése során. A léghajózásra alakult Magyar Aero-klub már indulásakor is egyik céljául tűzte ki a tudományos kutatást („...nevezetesen részt vesz a nemzetközi meteorológia munkálataiban...”). Természetesen erősen katonai érdekltség hajtotta ezeket az emberes repü-



2. ábra: A „Meteor” és „Turul” gázballonok

léseket – azonban a repülőgépek gyors fejlődése hamar kiszorította a légtérből a ballonokat. A Magyar Királyi Meteorológiai és Földmágnességi Intézet 1913. január 3-án bocsátotta fel az első önműködő magaslégkör-kutató ballonját (ballonszondát). A ballon 14,3 km-es magasságig emelkedett. 1928-ban még történt

említésre méltó magyar ballonos repülés (Hungária gázballon). A mai napig általánosan használt automata (rádiós meteorográffal felszerelt) ballonokat is ekkortájt fejlesztették ki, és kezdték rendszeresen használni (Molcsanov, 1928).

Magyarországon a rendszeres ballonos légkörszondázás 1953-ban indult meg, hidrogén töltésű ballonokkal. Ezek rutinszerűen 30–35 km magasságig tudnak emelkedni, ott szétdurranak. A meteorológusokat a légkör állapotjellemzői igazán csak 15–20 km-ig érdeklik, a rádióon lesugárzott adatok kinyerése után a sokszor 100–200 km-re is elsodródó ballonról lehullott műszeresomagot már sorsára hagyják. Korábban (az 1980-as években) szinte minden vidéki állomásról indítottak „pilot” szondákat (éjszaka laposelemhez rögzített kis izzólámpával), de ez már megszűnt. A főbb állomásokról (Budapest, Szeged) naponta kétszer (00:00 és 12:00 UTC-kor) indítanak DFM09 és RS41 rádiószondás ballonokat.

Mint oly sok minden, az átlagember számára ez a technika is elérhetetlen volt a szocializmus ideje alatt – részben az ára, részben a vasfüggönyös elzártság miatt. A rendszerváltozás után még több mint egy évtizednek kellett elteltie ahhoz, hogy először is az információk elérhetősége, majd az eszközök olcsóbbá és bárki számára történő hozzáférhetővé válása után végre a szándék is kialakuljon a civil szférában. Az első ilyen dokumentált kísérlet az első magyar építésű műhold, a Masat-1 fejlesztői csapata (BME) által elvégzett rádiókommunikációs teszt célú repülés volt, amelyet még az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) bonyolított le a felkérésükre (2009. szeptember 22.). Az első valóban egyéni kezdeményezésű, saját kivitelezésű hasonló repülés Mucs Béla rádióamatőr (HA4BM) nevéhez fűződik (2010), a tudományos-technológiai célú repülések kezdete pedig Hegyi Norbert egyetemi hallgató szervezésében a Vega Csillagászati Egyesülethez (2011. október 31.). Az ebből kinőtt Pannon Közeli Világűr Projekt még néhány repülést élt meg, többek között az időközben megalakult Időkép Kft. megrendelésére már bérindítást is. Csoportunk Hegyi Norbert és a Vega Csillagászati Egyesület kísérleteibe bekapcsolódva tanulta ki a ballonozás módszertanát, amiért ezúton is köszönetünket fejezzük ki.



3. ábra: Hegyi Norbert és a Vega Csillagászati Egyesület ballonindítása
2013. március 17-én

Rutinszerű közelivilágűr-repülések a Délvidéken

A sztratoszférába emelkedő ballonos technológiában tudományos, innovációt serkentő, valamint a fiatalság számára a természet- és műszaki tudományok irányába orientáló látványos alkalmazások lehetőségét látva, a bajai csillagvizsgáló munkatársai (dr. Hegedüs Tibor, Jäger Zoltán és Szing Attila) a maguk környezetében is találtak érdeklődőket, ami alapján hamar megszerveződött egy új bajai csapat: Bagóczki Csanád (maga is gyakorlott ultrakönnyű repülő), Goda Zoltán (amatőr légkőroptikus), ifj. Balaton György és Szkladányi Ákos (ekkor tájt BME egyetemi hallgatók). Megkeresték a hazai APRS rendszer fenntartóit, és a Bajához legközelebbi rádióamatőröket, akik a távközlési tapasztalatot és segítséget hozták a csoportba (Nagyapáti István HA8UT, Kiskunhalas; Takács István HG8GL, Kiskunfélegyháza; és Papp László HG8LXL, Csongrád, aki még jelenleg is a csoport aktív tagja). A korábbi Pannon Közeli Világűr Projekt tagjaiból még egy ideig tanácsadóként, közreműködőként részt vett az új csoport munkájában dr. Csizmadia Szilárd és dr. Csák Balázs, valamint néhány eszközzel a Vega Csillagászati Egyesület (ezek az eszközök az egyik repülés során végül megsemmisültek).

A csoport a kezdetektől fogva hasznos, publikálható tudományos mérések céljából kezdte meg kísérleteit, azonban érthető okokból az első években a technológia megismerése, a rutin megszerzése volt a feladat. Az alábbi táblázatban összefoglaljuk a csoport eddigi 4 évének aktivitását:

dátum	megnevezés	start-hely	visszaérkezés	magasság	fő cél	megjegyzés
2014.05.07.	Stratolab -1	Alsónyék	Jánoshalma	33 km ?	tanulás, film	begyűjtéskor helyi „affér”
2014.05.21.	Stratolab -2	Baja	Baja/Csávoly	33 km ?	tanulás, fotók	elveszett, ill. megsemmisült
2014.05.27.	-	É 46,625 K 24,831 (Erdély)	É 46,923 K 24,468 (Erdély)	21 km ?	know-how átadás	telemetry csak 10 km alatt
2014.08.25.	Stratolab -3	É 46,201 K 18,184	É 46,095 K 19,249	24284 m	tesztrep fotózás	akcelero-méter, 3 független
2014.09.27.	-	É 46,624 K 24,832 (Erdély)	Marita (Erdély)	33120 m	tesztrep film	Sapientia Egyetem csoport segítése, biológiai kísérlet
2015.06.13.	Stratolab -4	Dávod	Bácsbokod	33589 m	tesztrep fotózás	dupla redund. telemetry+hő
2015.06.23.	Stratolab -5	Töttös	Pörböly	34118 m	tesztrep mérés	akcelero-méter, OMSZ szonda
2016.06.17.	Stratolab -6	Baja	Kecske-mét	32594 m	tesztrep mérés	új onb. logger, OMSZ szonda
2016.08.25.	Stratolab -7	Csongrád	?	?	rek-lám-repülés	Rádióamatőr Országos Találkozó
2017.06.26.	Stratolab -8	Szedres	Feketity (Srb)	28014 m	tesztrep mérés	FEDAT OMSZ szonda

dátum	megnevezés	start-hely	visszaérkezés	magasság	fő cél	megjegyzés
2018.02.09.	Stratolab-9	Gödöllő	Bp - Sikátorpuszta	25 km ?	bérindít.	csak minimál konfiguráció
2018.06.20.	DAMBAL-1	Tompa	Palánk Szekszárd	35451 m!	első tudományos k.	FEDAT + sugárzásmérő Újvidéki Egyetem
2018.07.25.	DAMBAL-2	Balota-szállás	Mélykút közelében	29465 m	rutin repülés	FEDAT + RC Cloud ICs
2018.09.28.	Stratolab-10	Baja	Szatymaz	35217 m	nyilv. látvány indítás!	FEDAT + sugárzásmérő Újvidéki Egyetem

Műszaki alapok

A csoport fennállása óta kínai (Hwoyee márkájú) latex ballonokat használ a műszercsomag szállítására. Leggyakrabban az 1600 és 2000 g-os modellek repültek, de kipróbáltunk kisebbeket is (1000 és 1200 g). A töltőgáz valamennyi indításnál hidrogén volt, amit a Messergáz támogatásával, kedvezményesen vásárolunk². A gondola, azaz a küldetések során a ballonhoz kapcsolt hasznos teher tároló konténere minden alkalommal 4 cm falvastagságú, ragasztott hungarocell doboz, amelyet Szegeden készítenek. Tapasztalatunk szerint 60 km/h-s becsapódás esetén is megóvja a beltartalmat, sőt, maga a doboz is épségben kibírja (átlagos talajra eséskor; betonra ejtést még nem próbáltunk ki). A visszatérést segítő ejtőernyő az Internetről beszerezhető tervek alapján egyikünk (Goda Z.) saját készítése. Sok korai pró-

² Mint ismeretes, a hidrogén igen veszélyes, ezért a felbocsátás mindig nagy körültekintést igényel. Héliumot természetesen biztonságosabb lenne használni, de ára kb. ötször annyi!

bálkozás kedvezőtlen tapasztalata alapján (a szétrobbant ballon hatalmas maradék gumilebernyegei feltekeredhetnek az ernyő kötélzetére zuhanáskor, annak kinyílását teljesen lehetetlenné téve) 2017-től kezdve a SOSA (Szlovák Űrkutatási Egyesület) által tervezett és gyártott leválasztó modult (terminátor) használunk. Ez a robbanást követő hirtelen nagy gyorsulást érzékelve az ernyőt és az alatta lévő hasznos terhet elválasztja a ballon maradékától. A használat után újraélesztésre vissza kell küldelnünk, de e cikk írása pillanatában már 2 db ilyen modul várja a mindenkori használatba vételt, így ma már akár postafordultányi időnként lehetne indításokat tervezni, ill. egyidejűleg akár kettőt. Bizonyos alkalmazásoknál erre is szükség lehet.



4. ábra: A ballonrobbanás pillanata

A hasznos teher a törvényileg előírt 2,5 kg össztömeget nem haladhatja meg. Többek között emiatt, valamint a sztratoszférabeli viszonyok miatt (alacsony külső hőmérséklet, rendkívül alacsony légnyomás) az űreszközökre tervezett műszerekhez igen hasonló követelményeket kell teljesíteni a fedélzeti eszközök elkészítésénél. Általában dupla, sőt a fontosabb repüléseknél tripla redundanciát alkalmazunk a telemetria adatok lesugárzására: egy az APRS rendszer frekvenciáján működő rádióadót, egyik szerzőnk (Papp L.) és Illés József OM3BC saját fejlesztésű „RS41 tracker” adatcsomag-formáló elektronikájával³, és egy

³ A hazai APRS hálózat egyik kisebb fejlesztéseként, a Baja közelébe tervezett visszatérések biztosítása céljából telepítettünk a bajai víztoronnyra is egy APRS node-ot (Papp L.).

GPS-t is tartalmazó mobilkommunikációs eszközt – illetve újabban egy harmadik, független pozícióadat-forrást másik szerzőnk (Jäger Z.) által fejlesztett FEDAT (fedélzeti adatgyűjtő) egység jelenti, egy mikro-rádióadóhoz kötve. A tápellátásra többféle akkumulátortípust kipróbáltunk – a gondola dobozának jó hőszigetelése miatt a mínusz 50 °C alatti külső hőmérsékletek esetén sem szokott a belső hőmérséklet 0 °C alá süllyedni (az elektronikai egységek által termelt hő fűtése elegendőnek mutatkozik), így nem kell jelentősebb kapacitáscsökkenéssel számolnunk. Természetesen a doboz belső és külső hőmérsékletét folyamatosan monitorozzuk a repülések során⁴. Mindezek persze csupán az értékes beltartalom leesés utáni megtalálását segítő, illetve tudományos mérések esetén a kapott adatok térbeli pozícióhoz történő kötését lehetővé tevő minimális alapot jelentik. Ezek után jöhet a lényeg – azonban a telemetriával az engedélyezett tömeg nagyjából felét már el is használtuk. Általában egy fullHD-s GoPro kamera és/vagy egy programozható kis Canon fényképezőgép szolgál a repülés közbeni felszínfotózásra, avagy a rendszer egésze viselkedésének filmezésére (több alkalommal felfelé irányított kamerával filmeztük a ballon felfúvódását, szétrobbanását, ill. az ejtőernyő működését). A „maradék” 20–25 dkg szolgál valamilyen célműszer számára.



5. ábra: A Balaton és a Duna kb. 31 km magasságból

⁴ Több, eBay-ről beszerezhető szenzort kipróbáltunk, de sajnos a sztratoszféra viszonyai közepette a legtöbb felmondja a szolgáltatot, ill. teljesen pontatlan értékeket mér.

Az eddigi repülések során mindössze egy kis pordetektor, valamint az Újvidéki Egyetem fizikusainak sugárzásdetektora jelentette az első tudományos méréseket. A jövőben további saját műszerek kifejlesztéssel kívánunk újabb érdekes irányokban kísérleteket kezdeni, és természetesen a komolyabb esetekben fel kell áldozni a fotók és filmek készítését, hogy tömeget takarítsunk meg a műszerek számára.

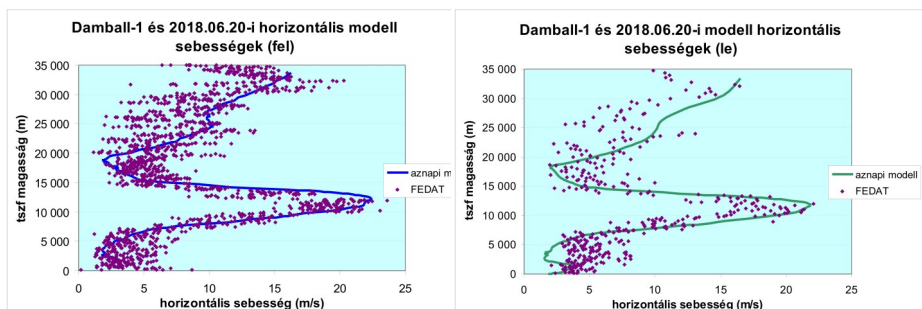
2017–2018 közelivilágűr-repüléseinek eredményeiből

Bár közelebbi szakmai kapcsolataink eddig is figyelemmel kísérték, ill. nagyjából ismerték tevékenységünket, ám addig nem akartuk a szélesebb körű nyilvánosság elé tárni munkánkat, amíg nem értünk el az alapok tekintetében egy bizonyos biztonsági szintet. Ma már biztonsággal állíthatjuk, hogy a konténerbe helyezett, akár nagyobb értékű eszközöket is épségben vissza tudjuk hozni – és azt is sikerült igazolni, hogy akár külső megrendelői igényeknek is eleget tudunk tenni. Pár ábra és kép erejéig bemutatjuk eddigi tapasztalatainkat, néhány mérésünket, amelyek 2017–2018 során gyűltek össze, és értékelhető módon szemléltetik az ebben a technológiában rejlő potenciált.

Pozícióadatok. A fedélzeten elhelyezett GPS szenzorok adatát (az idő és a földrajzi koordináták is ezektől származnak) Open Trackerek gyűjtik és formálják az APRS rendszer⁵ földi antennáira lesugárzott adatcsomagokká, előre beállított (felprogramozott) sűrűségben. Túl gyakori adatközlést nem enged meg az APRS, olyankor figyelmeztető üzenetet küld vissza, ill. egyszerűen letiltja a csomagokat. Általában 20 másodpercenkénti adatközlést alkalmazunk, ez alatt nagyjából 100 m-t emelkedik a ballon komplexum. Természetesen néha a fedélzeti adóantenna földi átjátszó antennákhoz képesti szerencsétlen pozíciója miatt, vagy más okból egy-egy csomag tartalma hiányosan, netán sérülten dekódolódik, vagy ki is maradhat. Így egy tipikus repülés során nagyjából felfelé menetben 300, lefelé jövetben kevesebb mint 100 pozícióadatunk válik elérhetővé – és ami fontos: real time, azaz azonnal, a repülés folyamán. Ez lehetővé teszi a követést, és a begyűjtő csoport felkészülését, a várható célterület közelébe mozgását. A későbbi alkalmazásokhoz ezekből az adatokból

⁵ Az APRS az Automatic Position Reporting System rövidítése, ami egy 1997-ben kitalált nyomkövető rendszer, világszerte kamionok, repülőgépek, stb. követésére szolgáló polgári alkalmazás. Európában 144,800 MHz VHF, és 432,500 MHz UHF frekvencián működik.

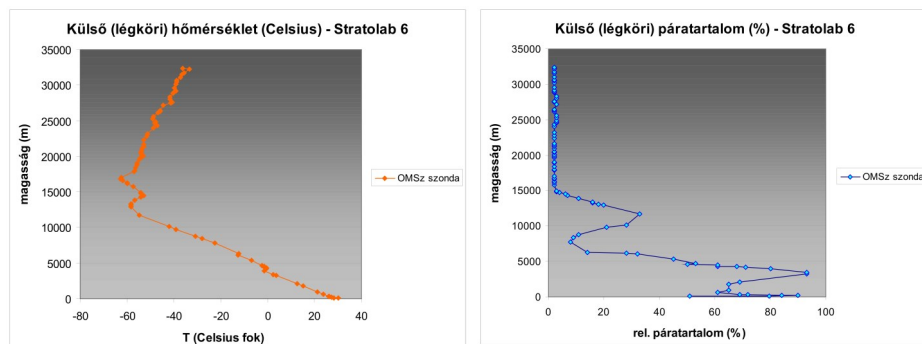
közvetlenül a horizontális irányú szelek erősségére és irányára lehet következtetni. Ennél nagyobb mennyiségű adat a megtalálás után, a FEDAT egység tárolójából nyerhető.



6. ábra: A DAMBAL–1 repülés fedélzeti adatgyűjtője csaknem 9300 db eredeti adatának öt adatonkénti átlagolásával adódó horizontális sodródási sebesség értékeinek ábrázolása, a felszín feletti magasság függvényében

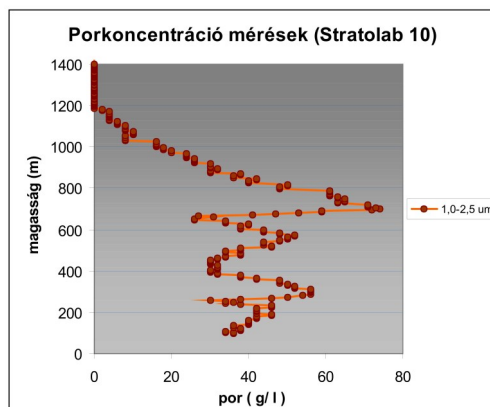
Itt jegyzendő meg, hogy a modell értékek forrása mindenhol az általunk használt, a ballonos repülést támogató angliai honlap (<http://habhub.org>) tapasztalatunk szerint igen korrekt és jól működő előrejelző programja. Időközben saját repülési modellt is fejlesztettünk (Jäger Z.), de a ballon szétrobbanásának számítása még egyik modellben sem megoldott.

Meteorológiai és porkoncentráció adatok. Az előző példák igazából „passzív” adatok, olyan értelemben, hogy ezekre mindenféle tudományos cél nélkül is szükség lenne, a műszer csomag begyűjtése miatt – tehát egyfajta „melléktermékek”. Bár a meteorológiai szervezetek is ilyen ballonsodródási adatokból nyerik a különböző légköri rétegek horizontális sebességvektorait, tehát vé-



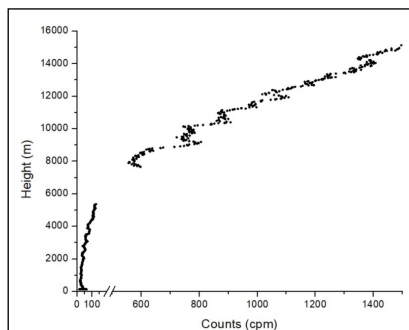
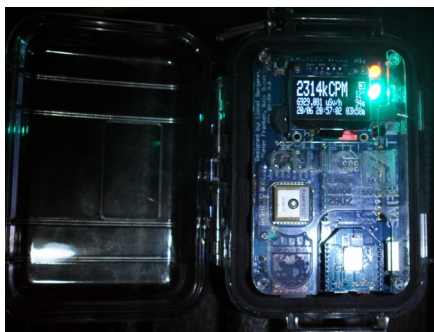
7. ábra: A gondolára függesztett meteorológiai szonda által mért hőmérséklet és relatív páratartalom a magasság függvényében

gűl is már egy produktum. Jóval érdekesebb „aktív” adatsor pl. az OMSZ jóvoltából rendelkezésükre bocsátott, kalibrált meteorológiai szenzorok esetén nyerhető. Erre mutatunk példát az előző oldalon a 7. ábrán.



8. ábra: PMS7003 szenzorral mért első porkoncentráció mérésünk. Nagyobb magasságokban ez a detektor (működési elvéből következően) nem használható

Sugárzási dózis mérések. Ezt a témát a VoBaNISTA kódnevű, Interreg HU-SRB/1602/31/0197 számú pályázati együttműködés keretében az Újvidéki Egyetem Természettudományi Karának fizikusai (dr. Dusan Mrdja vezetésével) indították el. Az első mérések biztatóak, bár az eddigi két tesztrepülés eredményei alapján a választott detektor zárófóliája nem bírja a vákuumot, a repülés során a második alkalommal beszerelt erősebb fólia is elhasadt.



9. ábra: A dózismérő (esti visszaérkezéskor is működő állapotban) és a mérési sorozat: az első kísérleti repülés (DAMBAL-1) mért dózisa a magasság függvényében



10. ábra: Ballonindítás diákokkal 2018. július 25-én

Folyamatban lévő fejlesztések, jövőbeli tervek

2019-ben Lang Ágota tanárnő vezetésével soproni középiskolai diákok csoportja által kifejlesztett, autonóm működésű „info cseppekre” alapuló „műmeteorit” kísérletre készülünk. Emellett szintén a meteorok kutatásának témájába tartozó célokból szlovák űrkutatók által kifejlesztett nagy fényteljesítményű LED villogó gúlára alapuló éjszakai repülés is tervben van. Dr. Ságodi Ibolya tanárnő vezetésével pedig szekszárdi diákok fogják a segítségünkkel a légkörbeli poreloszlást vizsgálni. Komolyabb kutatás-fejlesztési célkitűzésekkel idén harmadik alkalommal szándékozunk OTKA pályázathoz csatlakozni. Az OMSZ-szel is folyamatosan egyeztetünk az együttműködés elmélyítése érdekében.

A ballonos repülések már eddig is megmutatták, hogy nagy érdeklődés kíséri ezeket, főleg a fiatalok képzeletét mozgatja meg. Ezt a jövőben még inkább igyekszünk kihasználni, és nagyközönségi „látvány-indításoktól” sem zárkozunk el. Az első ilyen próbálkozásunk 2018. szeptember 28-án a Kutatók Éjszakája keretében nagy érdeklődést és sikert hozott. Szegedről is sokan látták a ballon látványos felrobbanását 35 km magasságban. Készült velünk, a ballonozásról például egyetemi felvételre orientáló film is, de egyes speciális termékeket gyártó cégek, civil szer-

vezetek is reklámlehetőségeket látnak a közeli világűr elérésében. Céges csapatépítésnek is tárgya lehet egy közös ballonindítás és csomagbegyűjtés – ugyanis bármilyen jó telemetriai adatközlés is van, a begyűjtéskor rendkívüli körülményekkel, problémákkal találkozhatunk, amik megoldásához találékonyság, ügyesség, fantázia is kell.

A magaslégköri ballontechnika előnyei és hátrányai

Előnyei:

- relative olcsó áron juttathatunk műszereket közel űrszerű körülmények közé, ezzel speciális anyagokat, műszereket tesztelhetünk
- számtalan még kiaknázatlan alkalmazást rejt magában (a gazdaság különböző területei számára adhat használható adatokat)
- a ballonos repülések során szerezhető vezérléstechnikai és távközlési tapasztalatok számtalan más területen is kamatoztathatók
- látványos, akár önmagában is bemutatható oktatási- ismeretterjesztési program lehetőségét kínálja (kb. 3 óra alatt lezajló esemény)

Hátrányai:

- „passzív” (azaz nem irányítható), és nehezen stabilizálható eszköz, a tetszőleges, vagy éppen hetekkel korábban kitűzendő indítási helyszín és idő esetén bizonytalan megvalósíthatóságu
- ugyanezen okokból maga a pontos repülési pálya (ill. a fedélzeti műszerekkel elvégezhető mérések helye) is eléggé bizonytalan
- a fenti okokon felül a hasznos teherre nézve még egy 2,5 kg-os felső korlát is tovább szűkíti a szóba jöhető célkitűzéseket
- jó telemetria esetén is magas a kockázata a fedélzeti eszközök elvesztésének vagy megsemmisülésének

Mindezek figyelembe vételével csoportunk tovább folytatja a kísérleteket. Várjuk olyan diákok, tanárok, kutatók jelentkezését, akiknek van kész, vagy legalább megtervezett műszere, amely kipróbálásra, repülésre vár. Csapatunk és a hozzánk kapcsolódó háttérpari cégek is szívesen működnének együtt újabb ötletek megvalósításán, magaslégköri ballonnal tanulmányozható kérdéseken.

A szerzők köszönetüket nyilvánítják ki valamennyi támogatónak, aki bármilyen mértékben is segítette munkánkat – különösen az AstroTech, a Messer Hungarogáz és a StratoLab Kft-nek, valamint az Országos Meteorológiai Szolgálat több munkatársának.

Irodalomjegyzék

Mészáros Róbert (2013): Meteorológiai műszerek és mérőrendszerek. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

<http://ballon.hu/tortenet/>

<http://cubesat.bme.hu/>

<http://en.wikipedia.com>

<http://met.hu>

<http://vcse.hu/megerintettuk-a-vilagurt-siker-es-magaslegkori-ballonkiserlet-2011-oktober-31-en/>