

# Sugárdózis-mérés égen és földön

APÁTHY ISTVÁN úrkutató-mérnök

KFKI Atomenergia Kutatóintézet  
apathy@sunserv.kfki.hu

**Kulcsszavak:** ionizáló sugárzás, dózisterhelés, kozmikus sugárzás, dozimetria

Gyakran hallhatók hírek, olvashatók újságcikkek a bennünket érő káros sugárzásokkal kapcsolatosan. Állandó téma az ózonlyukak növekvő mérete, ami miatt a Nap ultraibolya sugárzásának (a nap-eredetű sugárzás egyik elektromágneses komponensének), ennél fogva a bőrrák kialakulási veszélyének fokozottan ki vagyunk téve. Olvashatunk, hallhatunk a kis- és nagyfrekvenciás rádióhullámok káros hatásáról, melyek forrása például nagyfeszültségű távvezeték, mobil telefon, katód-sugárcsőves képernyő vagy mikrohullámú sütő. Kiemelt híreként szerepelnek a nukleáris létesítmények üzemzavarai, az atomerőművek elleni tüntetések, tükrözve félelmünket a radioaktív sugárzástól, szennyeződéstől.

## Sugárzás, dozimetria, dózismérők

Mióta kialakult földünkön az élet, különféle sugárzások érik az élőlényeket. Ezek közül a legnagyobb károsító hatást az élő anyag molekuláit elektronokra és ionokra bontó ionizáló sugárzás váltja ki. Ennek intenzitása, összetétele a földtörténet során is változott, és függ a földrajzi szélességtől, tengerszint feletti magasságtól is. Ez a sugárzás részben részecske-sugárzás (töltött és semleges atomi részecskék „áramlása”, mint az alfa-, béta- és neutron-sugárzás), részben elektromágneses sugárzás (röntgen- és gamma-sugárzás). Forrásait tekintve általában természetes eredetű (kozmosz sugárzás, természetes radioaktív anyagok bomlása), de az elmúlt évszázadtól kezdődően már származhat mesterséges forrásokból (atomenergia, gyógyászat, izotópok alkalmazása, atomrobbantások stb.) is.

Az élővilág a mindenkori természetes sugárzási szintben alakult ki és fejlődött, az a természetes környezet alkotórésze. Problémák akkor adódnak, ha a sugárzás szintje rövid időn belül jelentősen megnő. Ez leggyakrabban valamilyen emberi tevékenység következménye; vagy a földfelszíni sugárzási viszonyokban áll be változás, vagy az ember (és más élőlény) szakad ki természetes környezetéből (repülés, űrrepülés). A sugárzási szint növekedésével, annak mértékétől függően egy széles tartományban „csak” a rákos megbetegedés valószínűsége nő (sztochasztikus szakasz), azon túl egyértelműen kimutatható elváltozások, megbetegedések jelentkeznek; adott szint felett pedig rövid időn belül beáll a halál (determinisztikus szakasz). A sugárzás azonban csak egyike a számos rizikófaktornak életünkben. A fosszilis energiahordozók égéstermékai, a táplálékkal és egyéb úton a szervezetünkbe kerülő vegyi anyagok stb. is nagy, sőt – gyakoriságukat és kiterjedésüket figyelembe véve – a sugárzásnál sokkal nagyobb kockázatot jelentenek.

A sugárzások hatásával, a káros hatások kivédésével vagy csökkentésével a sugárvédelem foglalkozik. A

sugárvédelemben a káros sugárzás mennyiségét a dózissal jellemezzük. A fizikai dózis a sugárzás energiájának az a hányada, melyet az (élő vagy élettelen) anyag egységnyi tömege elnyel (mértékegysége a gray, 1 Gy = 1 Joule/kg elnyelt energia). A várható sztochasztikus hatást jellemző dózis ezen felül súlyozottan figyelembe veszi a sugárzás összetevőinek (fajta- és energiatartalom) biológiai hatásosságát, valamint az egyes szervek sugárérzékenységét. Ez az effektív dózis, mértékegysége a sievert (Sv).

Dózismérésre régóta és széleskörűen használják a filmdózismérőt, kihasználva azt, hogy a röntgenfilm sugárzás hatására (előhívás után) feketedést mutat. A filmdózismérő hátránya a viszonylag szűk méréstartomány mellett kezelésének (előhívás) nehézsége. A filmdózismérővel párhuzamosan megjelentek az ionizációs kamrás dózismérők, melyek töltőtoll méretű eszközök voltak; a munka elején fel kellett tölteni őket, majd a munka végeztével külső műszerrel vagy egy beépített piciny elektrométerrel meg lehetett mérni kisülésük mértékét, ennek révén a dózist. E műszerek csak nagyon szűk dózistartományban működnek, emellett kényesek nedvességre, ütésre. Az utóbbi időben a sugárveszélyes munkahelyeken elterjedőben van a miniatürizált, zsebhen hordozható félvezető detektoros „dózismérők” használata. Ezek a sugárzás dózisteljesítményét (a sugárzás intenzitását) mérik, a dózist abból számítják ki, és adott szint felett riasztanak is. Csak ismert összetételű és homogén sugárzási térben (pl. a nukleáris iparban) elfogadható pontosságúak, a passzív (áram nélkül is működő) dózismérőket számos esetben nem helyettesíthetik.

A 60-as évek elején kerültek használatba a passzív szilárdtest dózismérők. Különböző fajták közül a gyakorlatban végül – egy hosszú átmeneti időszak után – a termolumineszcens dózismérő (TLD) terjedt el széleskörűen. Ha egy TL anyagot (bizonyos fajtájú, általában szervesetlen kristályt) ionizáló sugárzás ér, akkor a kristályban keletkező töltéshordozók egy része olyan ener-

giaállapotba kerül, amelyben szobahőmérsékleten hosszú ideig (több hónapos vagy éves felezési idővel) megmarad. Ha a TL anyagot felhevítjük, akkor a felmelegedés során a tárolt töltéshordók fénykibocsátás kíséretében visszatérnek eredeti állapotukba. A kibocsátott fény mennyisége széles tartományban arányos az előző kimelegítés óta „összegyűjtött” dózissal.

A termolumineszcens dózisméréshez TL anyagra és kiolvasó-kiértékelő berendezésre van szükség. A gyakorlatban a TL anyagokat megfelelő tokozásban a mérendő hely ionizáló (radioaktív, kozmikus) sugárzási terében meghatározott ideig exponálják, ezt követően a kiolvasó berendezéssel kiértékelik azokat.

A kiolvasó-kiértékelő berendezésnek három alapvető része van:

- a TL anyag szabályozott melegítésére szolgáló fűtőegység,
- a (kis dózisok esetén nagyon kis intenzitású) kibocsátott fény mérésére szolgáló fénydetektáló blokk és
- a fényintenzitás-görbéből (fény-görbéből) a dózist kiszámoló kiértékelő egység.

A piacon ma kapható rendszereknél a dózismérő viszonylag olcsó: egy megfelelő tokban elhelyezett por, pasztilla vagy lapka alakú TL anyag. A kiolvasó-kiértékelő készülék ugyanakkor viszonylag drága, nagyméretű laboratóriumi berendezés. Kezelése bonyolult, szakképzett személyzetet igényel.

A 60-as évek közepén Magyarországon több helyen is elkezdtek foglalkozni az akkor csecsemőkorát élő termolumineszcens dozimetriával. A debreceni Kosuth Lajos Tudományegyetemen és a Budapesti Műszaki Egyetemen elsősorban a TL anyagok előállítását tűzték ki célul, a Központi Fizikai Kutató Intézet (KFKI) Sugárvédelmi Osztályán pedig a mérőkészülékek fejlesztésére koncentráltak. Egyre jobb TL anyagok készültek, és sorban születtek a kiolvasó berendezés egyre fejlettebb, egyre kisebb méretű és egyre könnyebben kezelhető változatai. Az utolsó típus félipari változatából – mely még ma is korszerű laboratóriumi eszköznek tekinthető – kissorozat készült a KFKI Műszaki Szakigazgatásának kivitelezésében.

## Úrdozimétria

A lakosságot folyamatosan érő természetes sugárzás (háttérsugárzás) kb. egyenlő arányban földi és égi eredetű, az általa okozott dózisterhelés kb. 2,5 mSv/év. Az égi eredetű összetevő az ún. kozmikus sugárzás, mely részben a csillagközi térből (galaktikus kozmikus sugárzás), részben a Napból (szoláris kozmikus sugárzás) származik. A galaktikus kozmikus sugárzás elsősorban nagyenergiájú töltött részecskékből áll, az összes elem (így a nagyrendszámú elemek) ionjait tartalmazza, és a csillagközi térben általában állandó intenzitású. A szoláris kozmikus sugárzást kisebb energiájú komponensek alkotják, fő összetevői protonok és elektronok, intenzitásuk a naptevékenység függvényében széles ha-

tárok között változik. Napkitörések idején nehezebb ionok is megjelenhetnek, és a sugárzási szint sok nagyságrenddel megnőhet. A galaktikus és szoláris kozmikus sugárzás kölcsönhatásban állnak egymással; a szoláris kozmikus sugárzás intenzitásának növekedésekor a Naprendszeren belül a galaktikus kozmikus sugárzás szintje csökken.

A földfelszínen kettős „védőpajzs” alatt élünk. A Föld mágneses tere a kozmikus sugárzás töltött részecskéit eltéríti, mintegy befogja, létrehozva a földközeli sugárzási övezetet (Van-Allen öv), melynek „belsejében” a sugárzási szint igen nagy. A sugárzási övezet a földfelszíntől számított mintegy ötszáz kilométer magasságban kezdődik; a mágneses erővonalak irányának és sűrűségének megfelelően védőhatása az Egyenlítő fölött maximális és a pólusokhoz közeledve erősen csökken. Kitüntetett hely a brazil partok fölötti égtér, ahol – a Föld mágneses tengelyének a geometriai tengelyéhez képesti eltolódása miatt – a sugárzási övezet mélyebbre nyúlik le (Dél-Atlanti anomália). A védőpajzs másik eleme maga a légkör; főként annak alsó, sűrű rétegei a maradék kozmikus sugárzást nagyrészt elnyelik.

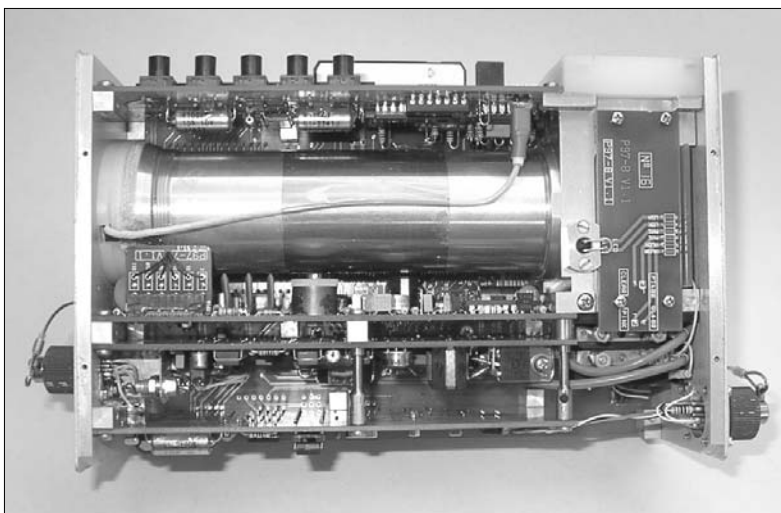
Fentiekből következik, hogy a tengerszint feletti magassággal a sugárzás intenzitása nő. A magas hegyekben lakók dózisterhelése az alföldi lakosokénál nagyobb, az interkontinentális repülőgépjáratok személyzete pedig – különösen a sarkkörökön túli útvonalak esetén – aktív pályafutása alatt jelentős járulékos dózist „gyűjt össze”. Űrhajók esetében, alacsony földközeli pályán a védőpajzs egyik eleme (a légkör) már teljesen hiányzik, a dózisterhelés a földinek százszorosára is lehet. Az űrállomások a légkör fékező hatásának csökkentése érdekében egyre magasabb pályán keringenek, és a technológia fejlődésével faluk, ami járulékos védelmet ad, egyre vékonyabb. A növekvő pályamagassággal egyre hosszabb szakaszon repülnek a Dél-Atlanti anomáliában; a napi kétszeri, egyenként alig negyedórás átrepülés alatt ugyanannyi dózist gyűjtenek össze, mint a pálya többi szakaszán az egész nap folyamán. Nem véletlen, hogy űrhajók, űrállomások 500 km feletti magasságban sohasem keringenek, és pályájuk hajlásszöge se nagyobb 60 foknál.

Földközeli pályán keringő objektumoknál – azok külső és belső terében egyaránt – a sugárzási kép igen bonyolult, időben és térben nagyon változó. A kozmikus sugárzásnak a felső légkörrel, illetve az űrhajó szerkezeti elemeivel (beleértve annak falát) való kölcsönhatása másodlagos sugárzásokat (például fékezési röntgen-, neutron-sugárzást) hoz létre. Napkitörések idején a sugárzási szint jelentősen megnőhet. Az űrállomásokon folyó állandó, szolgáltatászerű tevékenység következtében az űrben való tartózkodás időtartama jelentősen megnőtt; az igen nagy költséggel kiképzett űrhajósok aktív pályafutásának mindinkább csak dózisterhelésük korlátja szab határt. Az asztronauták űrállomáson kívüli tevékenysége (űrséta) is egyre gyakoribb és hosszabb idejű, ahol fokozottan vannak sugárterhelésnek kitéve. Ma már műholdak és műbolygók

mérésein alapuló, a naptevékenységet folyamatosan figyelő úgynevezett úridőjárásjelző szolgálat működik, melynek riasztó jelzése nyomán az úrsétát azonnal megszakítják, illetve az űrhajósokat időszakosan az űrállomáson belül vastagabb falú, védettebb helyre (pl. zsilipkamra, dokkoló-egység) küldik.

Sugárvédelmi szempontból a jövőbeli bolygóközi utazások még kritikusabbak. A Van-Allen övezet védelme alól kilépve, különlegesen nagy napkitörések idején az űrhajósok – kellő járulékos védelem hiányában – még halálos dózist is kaphatnának. Ilyen űrutazás semmilyen okból nem szakítható meg, egy adott dózis-küszöbérték elérése esetén az asztronauták nem hozhatók vissza a Földre; a néhány órán át tartó nagy sugárintenzitást egy szűk árnyékolócsőbe bújva vészelhetik át. Vannak olyan tervek is, melyek szerint az űrhajót szupravezető tekercekkel előállított mágneses térrel vennék körül.

1-2. ábra Az ISS-en repülő Pille rendszer elemei (kiolvasó, dózismérő kulcs, memóriakártya) és a kiolvasó belsejének képe



Mindebből nyilvánvaló, hogy az űrhajósok személyi dózisának pontos és naprakész mérése milyen fontos. Az űreszközökön számos módszerrel mérik a sugárzás intenzitását és összetételét, valamint a tényleges dózist, de ezek a mérőberendezések nagyok és bonyolultak, ennél fogva helyhez kötöttek. Az űreszközöknek csak egy vagy néhány pontján mérnek, az inhomogén sugárzási térben helyüket és helyzetüket gyakran változtató űrhajósok személyi dózisának mérésére nem alkalmasak.

Erre a célra általában a TL technikát használják, így pl. a 70-es évek közepén a közel 10 kg súlyú, 20 liter térfogatú KFKI-s TL-kiolvasó berendezés az Interkoszmos együttműködés keretében a Szovjetunióba is elkerült. Ezt a készüléket a moszkvai Orvosbiológiai Problémák Intézete (IBMP) rendszeresen használta a szovjet űrhajósok dózisának mérésére. Ebben az esetben is a klasszikus módszert alkalmazták: a kifűtött (lenullázott) TL dózismérőket az űrhajósok a ruhájukban rögzítve felvitték, majd a földre való visszatérés után a laboratóriumban azokat kiértékeltek. Az űrutazások időtartamának növekedésével ennek a módszernek a korlátai egyre nyilvánvalóbbá váltak: a dózismérőket csak az űrrepülés végén, a földön tudták kiolvasni, rendszeres dózis-kiolvasásra a fedélzeten nem volt mód.

A 70-es évek végén, az első magyar űrrepülés kísérleti programjának összeállításakor IBMP-s kollégáink javasolták: a magyar űrhajós részére a KFKI készítsen egy, az űreszköz fedélzetén történő kiértékelést is lehetővé tevő TL dózismérő rendszert. Az eredmény egy kb. 1 kg tömegű, 1 liter térfogatú készülék lett, mely a *Pille* nevet kapta. Fogyasztása a korábbiénak mindössze néhány százaléka, érzékenysége elegendően nagy akár egy nap, az űrállomáson fellépő dózis mérésére; kibírja a fellövésnél és a dokkolásnál keletkező nagy mechanikai terhelést, és súlytalanságban is működik. A dózismérők úgynevezett bura dózismérők: egy kis, zárt üvegtokban (búrában), vákuumban helyezkedik el a fém kifűtő lapka és a ráragasztott, ezért vele igen jó hőkontaktusban lévő, néhány száz mg tömegű TL anyag. A miniatürizált „kifűtő kályhának” és a TL-anyagnak a dózismérőben való integrálása lehetővé teszi a kiolvasó-kiértékelő készülék méretének és tömegének jelentős csökkentését, a rendszer kezelésének egyszerűsítését. A bura a mechanikai behatások és a külső fény elleni védelem, valamint a könnyű kezelhetőség érdekében egy úgynevezett kulcsba van beépítve. Méréskor mindössze a kiolvasó nyílásba kell helyezni a kulcsot és elfordítani, majd a mérés végén a dózisértéket a kiolvasó kijelzőjéről le lehet olvasni.



3. ábra  
Jim Voss NASA-űrhajós a Pillével mér az ISS fedélzetén  
(Fotó: NASA)

Farkas Bertalan a Szaljut-6 fedélzetén sikeresen elvégezte a Pillével a napi egy méréssorozatot; ekkor nyílt először lehetőség űrhajósok személyi dózisének fedélzeti meghatározására. A Pille a magyar űrhajós visszatérte után is az űrben maradt, segítségével a kozmonauták méréseket végeztek a Szaljut-7 és a Mir űrállomáson is. 1984-ben Sally Ride, a NASA első női űrhajósa a Pille egy módosított változatával egy amerikai űrrepülőgépen végzett igen sikeres méréssorozatot.

A Pille azonban nem csak az űrállomásokon használható; könnyű és hordozható lévén a földön, a környezet sugárzásának meghatározására is igen alkalmas. Fő előnye, hogy a kihelyezett TL dózismérőket nem kell kiértékelés céljából a laboratóriumba beszállítani; egyszerűbb, gyorsabb és pontosabb, ha a dózismérőket az elhelyezési pontokban mérik le. A gyorság főleg akkor jelenthet előnyt, ha sugárbaeset történik. Ekkor a mérési adat a kiértékelő személy helyszínre érkezésétől számítva 2-3 percen belül rendelkezésre áll. A Tungstram által a 80-as években földi használatra sorozatban gyártott Pilléket eleinte a Paksi Atomerőmű, majd később a polgári védelem is rendszeresítette. A készülék közben sok apró változáson ment keresztül, de alapjában véve a régi, a mérési kiértékelést tekintve nagyrészt analóg integrált áramkörökre épülő műszer maradt. A kiolvasás végén a mért dózist kijelente és azt kézírással naplózták.

Időközben az elektronika sokat fejlődött, és a 90-es évek elején megindult egy új generációs változat fejlesztése. Ebben már megvalósíthattuk mindazt, amit az új technika lehetővé tett. A dózismérő kulcsokba apró memória-csipet építettünk, melynek segítségével a kiolvasó felismeri az éppen lemért dózismérő azonosító számát és egyedi paramétereit; utóbbiakat a kiérté-

keléskor figyelembe is veszi, így a mérések pontossága jelentősen megnőtt. A kiolvasó berendezés által szolgáltatott fűtőáram a TL anyagot - programozott hőmérsékleti profillal – 10...60 másodperc alatt 200...300°C-ra hevíti. A fénydetektáló berendezés legfontosabb eleme a fotoelektron-sokszorozó, amely nagyon kis fényintenzitás esetén is a fényrel arányos, jól mérhető áramot ad; fényintenzitás-átfóga-sa 5-6 nagyságrend. A fotoelektron-sokszorozó tápellátását nagyfeszültségű tápegység biztosítja. A mért dózis a fotoelektron-sokszorozó kifűtés alatti anódáramváltozásának (kifűtési görbe) matematikai kiértékelésével kapható meg.

A kiértékelést, valamint a kiolvasó berendezés belső blokkjai működésének vezérlését mikroprocesszor végzi. A mért adatokat, a mérési paramétereket stb. egy cserélhető memória-kártyán tároljuk, mely-

nek tartalma szabványos soros vonalon számítógéppel (PC-vel) bármikor kiolvasható, és bázisul szolgál a sugárvédelmi rendszer adatnyilvántartása és adatfeldolgozása számára. A Pille összes belső paramétere – a kifűtési hőmérséklet profiljától a fotoelektronsokszorozó nagyfeszültségéig – a külső számítógépről programozható. A kiolvasó egy benne hagyott dózismérőt meghatározott időközönként automatikusan ki tud értékelni.

Az új Pille prototípusának elkészülte után hamarosan lehetőséget kaptunk az első űrbeni alkalmazásra is. Az Európai Űrügynökséggel (ESA) egyre intenzívebbé váló magyar együttműködés keretében 1995-96-ban fél éven át használták műszerünket a Mir űrállomás fedélzetén, az Euomir'95 repülés során. „Feltérképezték” a Mir-en belüli dózisviszonyokat, automatikus óránkénti kiolvasással megmérték a Föld körüli kozmikus sugárzási tér helyfüggését; ilyen jellegű mérést TL dózismérővel még nem végzett senki.

Az Euomir'95 kísérlettel szinte egyidőben elnyertük a NASA – amerikai űrhajós által a Mir űrállomáson végrehajtandó, új űrbiológiai kísérletekre meghirdetett – pályázatát, célként többek között megjelölve az űrséta járulékos dózisének meghatározását egy módosított, továbbfejlesztett Pille segítségével. Az új űrruhák készítésénél dózismérőink elhelyezésére külön zsebeket alakítottak ki. Űrséta alatt az asztronauták az űrállomáson belüli kontrollméréssel összehasonlítva 3-4-szeres dózist kaptak.

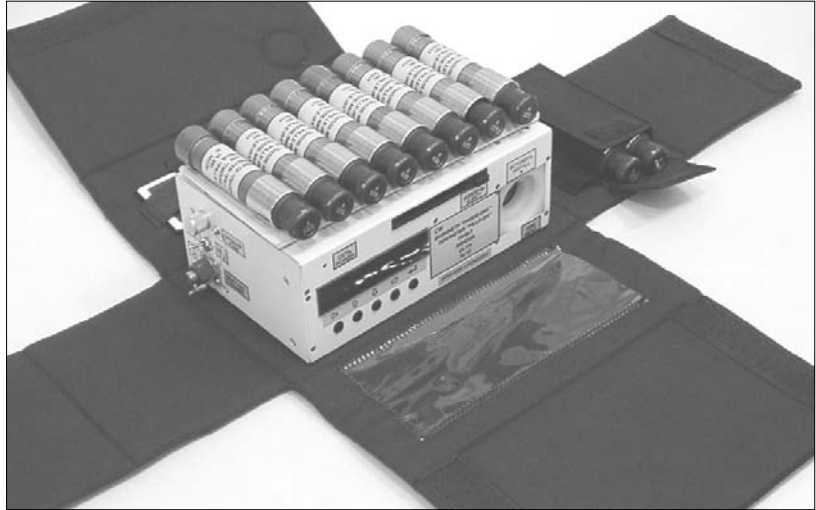
Sajnos egy, az űrállomást ért műszaki baleset következményeképpen mindkét (az ESA, illetve a NASA által használt) Pillénk a Mir sérült és lezárt Szpektr moduljában rekedt, ahonnan egyetlen műszert se tudtak a későbbiekben kihozni. Időközben az „új” Pille földi pályafutása is megkezdődött: Pakson két hordozható, akkumulátoros példányt állítottak az atomerőmű tágabb környezete sugárzásmonitorozásának szolgálta-tába.

A Mir űrállomást időközben felváltotta a közel húsz nemzet közreműködésével épülő Nemzetközi Űrállomás (ISS – International Space Station). A NASA, az ESA valamint az Orosz Űrkutatási Ügynökség (RKA) is nagyfokú érdeklődését fejezte ki egy termolumineszcens dózismérésen alapuló operatív sugárvédelmi ellenőrző rendszer iránt az ISS fedélzetére, mely a Pille berendezésen alapul. A nemzetközi együttműködési szerződések aláírása nyomán - Magyarországnak az űrállomáshoz való hozzájárulásaként – intézetünk a fenti berendezést kifejlesztette és az igényelt darabszámban elkészítette. Alapvetően megváltoztattuk az új kiolvasó úgynevezett kezelői felületét, így használata sokkal egyszerűbbé vált. Az adatok, melyeket eddig memóriakártyán hoztak vissza elemzésre egy-egy mérési sorozat végén, ma már – részben automatikusan – távadatközléssel jutnak le az űrállomásról

A berendezésnek az ISS amerikai szegmensére készített példányát – mellyel alapvetően a biológiai kísérletek során a céltárgyak által elszennvedet dózist szándékoztak mérni – 2001 márciusában vitte egy űrsikló az űrállomás amerikai szegmensére, mellyel az ESA DOS-

#### 4. ábra

Az űrruhán a Pille dózismérője számára kialakított zseb



#### 5. ábra

Az ISS „orosz” Pille rendszer a fellövésre szolgáló „csomagoló-zsákban

MAP kísérletében négy és fél hónapon keresztül több, mint 1700 sikeres fedélzeti mérést hajtottak végre. A NASA az ISS biológiai laborjának kiépítését és működtetését a költségvetés kurtítása miatt hosszabb ideig szüneteltette, de komoly esély van arra, hogy a Pillét a jövőben űrséták során személyi dozimetriai célra alkalmazza.

Az ISS orosz szegmensére 2003 augusztusában szállították fel egy Progressz teherűrhajóval a Pille kis-sé módosított változatát. Ez a készülék egy CAN-buszos interfésszel lett kiegészítve, azon keresztül közvetlenül kapcsolódik az űrállomás egyik adatgyűjtő rendszerhez. A mérési adatok letöltése automatikusan történik, illetve a központi számítógép a hálózaton keresztül mérést is kezdeményezhet. A Pille itt az úgynevezett dozimetriai szolgálati rendszer része, az űrhajósok egészségvédelmének eszköze. Az űrállomás különböző pontjaira kihelyezett dózismérőket havi rendszerességgel olvassák ki; űrséták alatt minden esetben mérik a járulékos dózist és egy, a kiolvasóban lévő dózismérővel 90 percenként (ennyi az ISS keringési ideje) végeznek automatikus, nagy felbontású méréseket. Rendkívüli eseményekkor, mint például a 2003. november végi extrém nagy napkitörések idején, egy héten át napi kétszeri kiolvasással követték nyomon az űrhajósok dózisterhelését.

Elsősorban NASA-s kollégáink biztatására kifejlesztettük az új, mikroprocesszoros Pille földi mérésekre szolgáló kereskedelmi változatát. A dózismérő felépítése alapvetően megváltozott, mérete lecsökkent, és a rendszer tervezésekor a viszonylag olcsó tömeggyártathatóság volt a legfőbb szempont; ugyanakkor több tekintetben az űrváltozaténál jobb mérési paraméterekkel rendelkezik. A földi készülék létrehozása jó példa arra, hogy miként hasznosíthatók az űrkutatásban elért fejlesztési eredmények a mindennapi életben.