

MATROSHKA kísérletek a Nemzetközi Űrállomáson



Kató Zoltán, Pálfalvi József

***Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam
Hajdúszoboszló 2010***

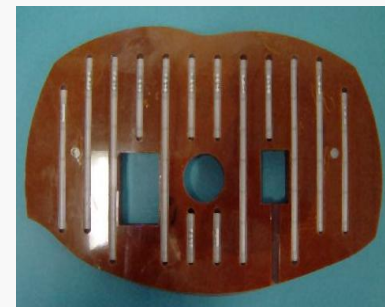
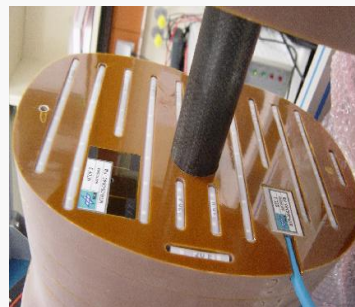
A Matroshka kísérletek:

- Az Európai Űrügynökség (ESA) dozimetriai programjának része
- Legnagyobb nemzetközi kezdeményezés az űrdozimetria kutatás területén (FP7-HAMLET)
- Célja a kozmikus sugárzás okozta dózisterhelés eloszlásának vizsgálata egy emberszerű fantom létfontosságú szerveiben.
- Kapcsolódó HAMLET project: egyénileg feldolgozott adatok összehasonlítása, archívum, 3D szimulációk kidolgozása



A Matroszka fantom

- Emberi fej/torzó
- 33 szelet alkotja → emberi csontba ágyazott szövetekvivalens műanyag
- A szeletekben elektronikus kivezetések, polietilén csatornák, páros szerveknek megfelelő tárolók találhatóak → aktív és passzív doziméterek





- Nomex mellény („Poncho”) és csuklya (Hood) → bőr dózisterhelésének mérése

- Szénszálból készült konténer

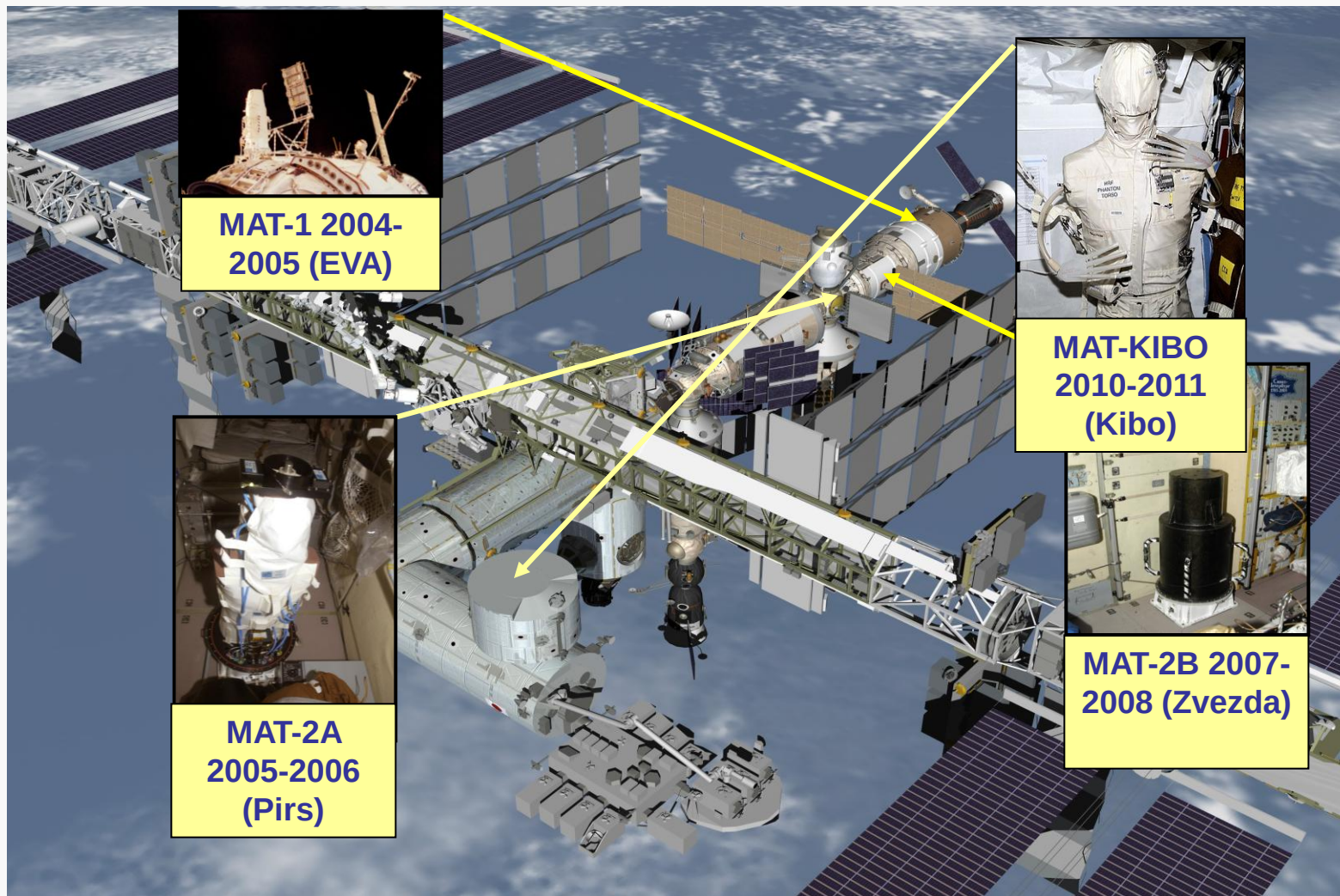
- Száraz levegő és 1 atm nyomás biztosítása
 - Űrruha szimulálása
 - Védelmi célok (vákum, UV, anyaggárolgás, stb.)



- MLI (Multi-Layered Insulation)
→ hőmérséklet szabályozás, passzív detektorok

Több mint 6000 db detektor

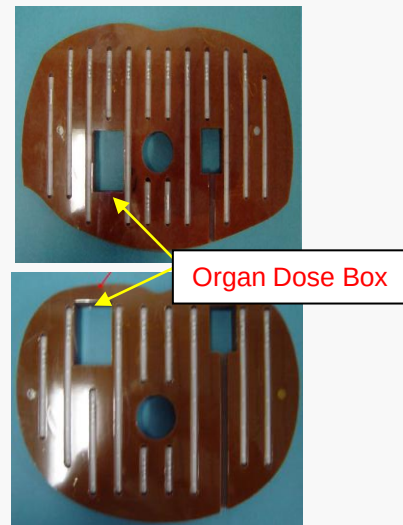
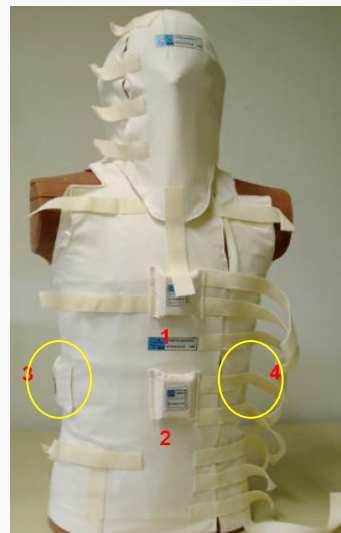
A Matroshka kísérletek helyszínei



AEKI kutatócsoport részvétele



Atomenergia Kutatóintézet Sugárvédelmi Kutatócsoportja által fejlesztett (MŰI támogatás) szilárdtest nyomdetektorokból álló csomagok kerültek a fantom tüdejébe, veséjébe, a mellény zsebeibe, valamint referenciaként a Zvezda modulba.



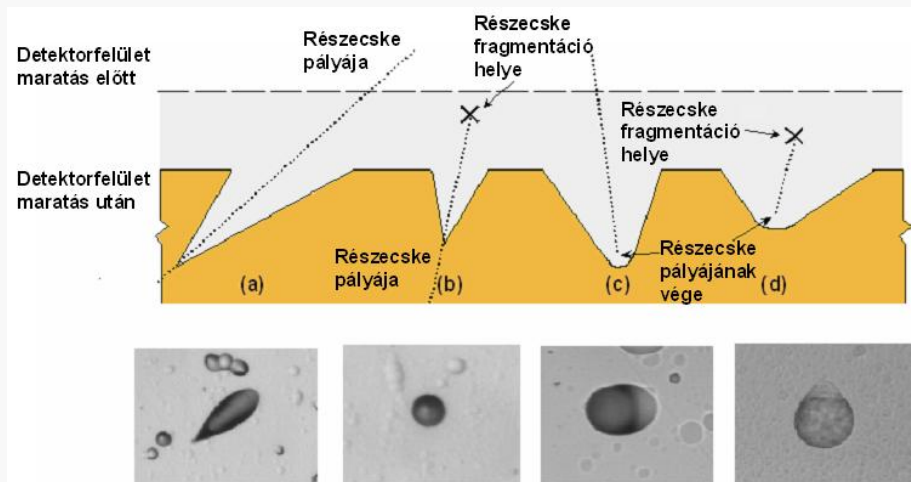
Szilárdtest nyomdetektor technika jellemzése

- Nyomkialakulás:**

Elektromosan töltött, ionizáló részecskék szigetelő anyagokon való áthaladáskor pályájuk mentén keskeny rombolt zónát hoznak létre (rácshibák, kémiai kötések felszakadása, szabad gyökök keletkezése).

- Detektor: 1mm vastag PADC lap ($C_{12}H_{18}O_7$)

- Detektálás: $Z \geq 1$, $6 \leq Z/\beta \leq 100$, $\beta = v_{\text{part}}/c$
10 keV/ μm felett



- Maratási eljárás:**

Maratószer kiszélesíti a zónát $\Rightarrow$ Optikai mikroszkóppal vizsgálható

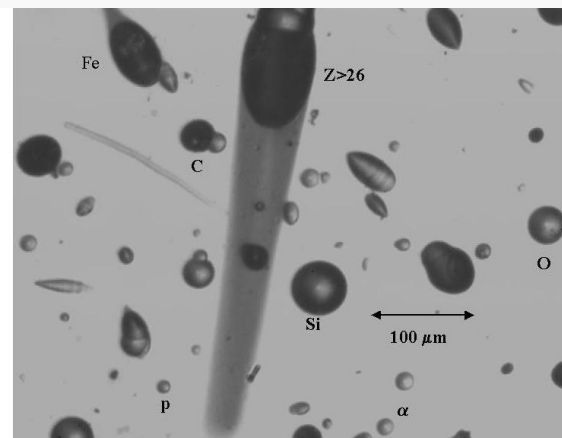
6 M NaOH, 70°C, két lépcsős maratás:

1. 6h: $LET \geq 20 \text{ keV}/\mu\text{m}$
rövid hatótávolságú nyomok
2. 15h: $10 \text{ keV}/\mu\text{m} \leq LET \leq 60 \text{ keV}/\mu\text{m}$



- A rombolási zóna maratási sebessége a részecske LET-nek függvénye (Z, E)

$\Rightarrow$ különböző méretű nyomok $\Rightarrow$
részecske azonosítás



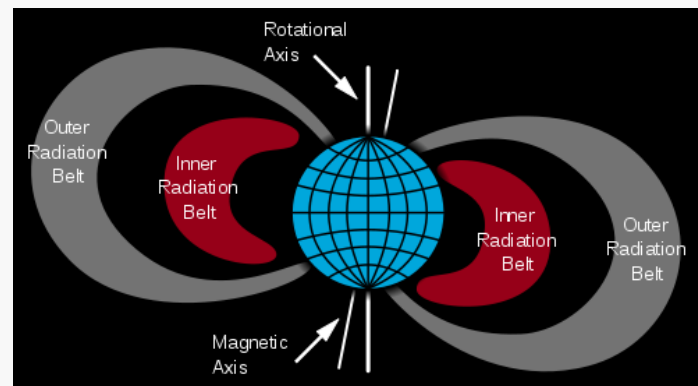
- Felhasználva a nyomokat leíró paramétereket és a földi kalibrációs kísérleteket (GSI, HIMAC) a részecskék LET spektruma, majd az elnyelt dózis, a dózisegyenérték és az átlagos minőségi tényező meghatározható.

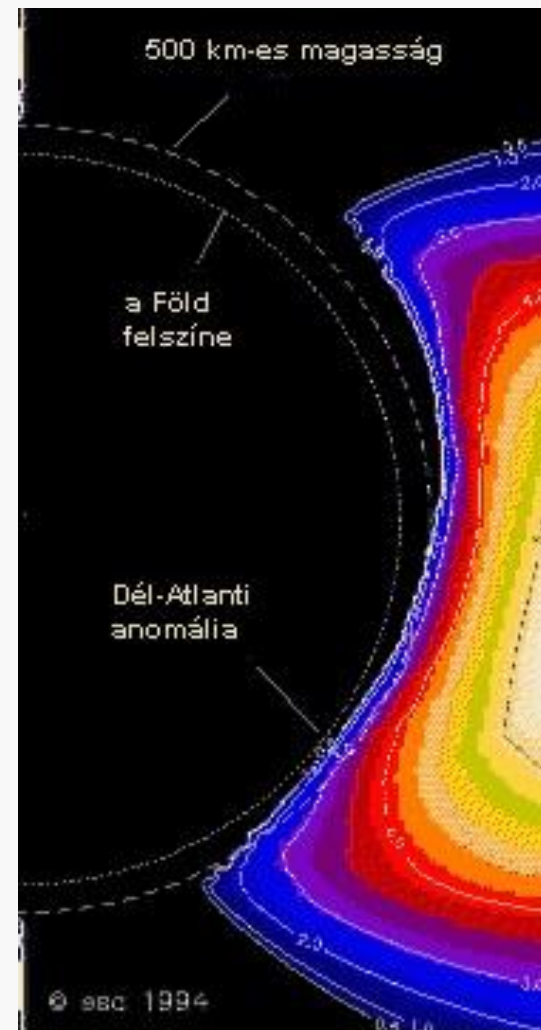
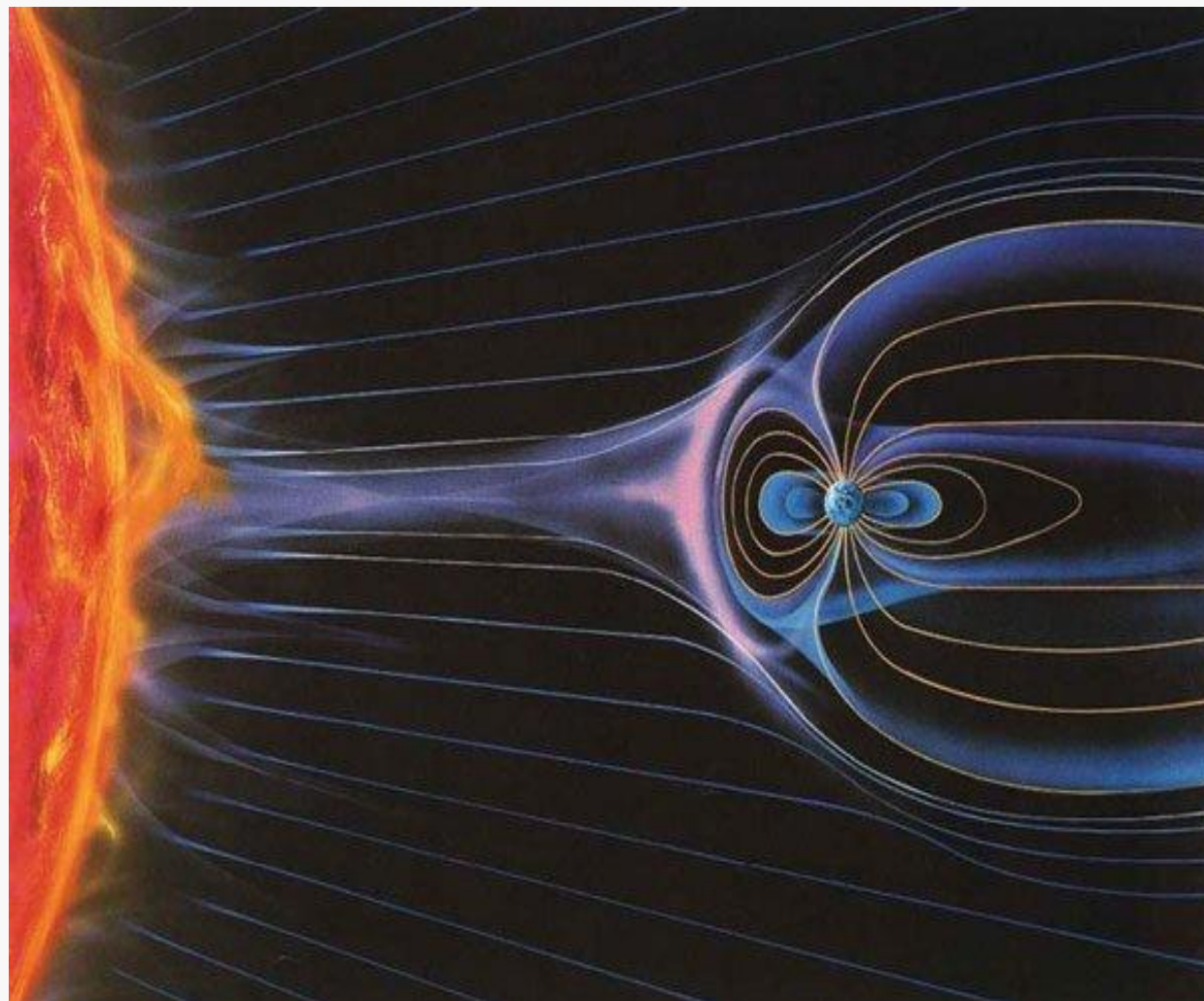
A kozmikus sugárzási tér

Galaktikus kozmikus sugárzás (GCR)	Szoláris sugárzás (SLR)
- Közel állandó fluxus, izotróp - Főként protonok (90%), α-részecskék (9%), elektronok, ionok alkotják 1 MeV – 10^{14} MeV	- Időben változó intenzitás és spektrum (naptevékenység) - Főként protonok és elektronok (kisebb arányban α és ionok) - Néhány eV – néhány 1000 MeV

Van Allen övek:

- A föld mágneses tere által befogott töltött részecskék
- Külső öv: főként 0,04 - 7 MeV elektronok
3.5 – 4.5 R_e
- Belső öv: főként 10 - 600 MeV protonok
1.5 – 2 R_e
- Dél-Atlanti Anomália (200km, LEO)





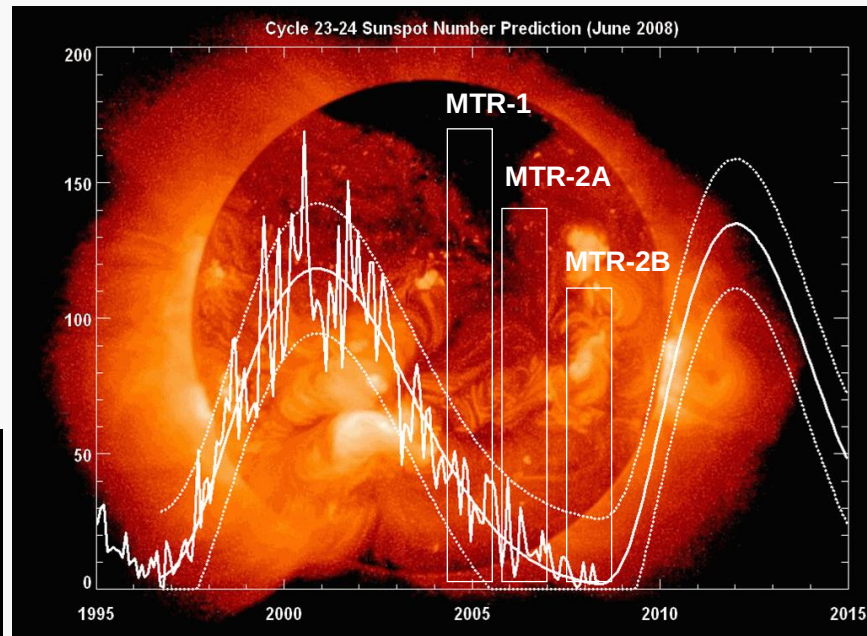
Matroshka kísérletek eredményei, űrklímatis viszonyok

Matroshka-1 dózisteljesítményei

Pozíció	D $\mu\text{Gy/d}$	H $\mu\text{Sv/d}$	Q
Referencia-1 (616 nap)	29.8 ($\pm 2.4\%$)	244.0 ($\pm 1.1\%$)	8.2 ($\pm 1.6\%$)
Vese (539 nap)	24.0 ($\pm 13.8\%$)	249.4 ($\pm 6.3\%$)	10.40 ($\pm 10\%$)
Tüdő (539 nap)	28.3 ($\pm 18.8\%$)	265.2 ($\pm 18.8\%$)	9.4 ($\pm 8.8\%$)
Poncho-3 (539 nap)	41.7 ($\pm 5.1\%$)	430.4 ($\pm 3.8\%$)	10.3 ($\pm 1.3\%$)
Poncho-4 (539 nap)	39.8 ($\pm 3.5\%$)	418.5 ($\pm 1.1\%$)	10.5 ($\pm 4.6\%$)

Matroshka-2A és 2B dózisteljesítményei

Pozíció	D $\mu\text{Gy/d}$	H $\mu\text{Sv/d}$	Q
Referencia-1 (367 nap)	26.8 ($\pm 10\%$)	241.6 ($\pm 8\%$)	9.1 ($\pm 10\%$)
MATROSHKA-2A			
Referencia-1 (418 nap)	20.7 ($\pm 5.2\%$)	197.3 ($\pm 4.8\%$)	9.5 ($\pm 3.6\%$)
MATROSHKA-2B			



TLD által mért dózisteljesítmény a 10 keV/ μm alatti tartományban a Matroshka-2A kísérletben átlagosan

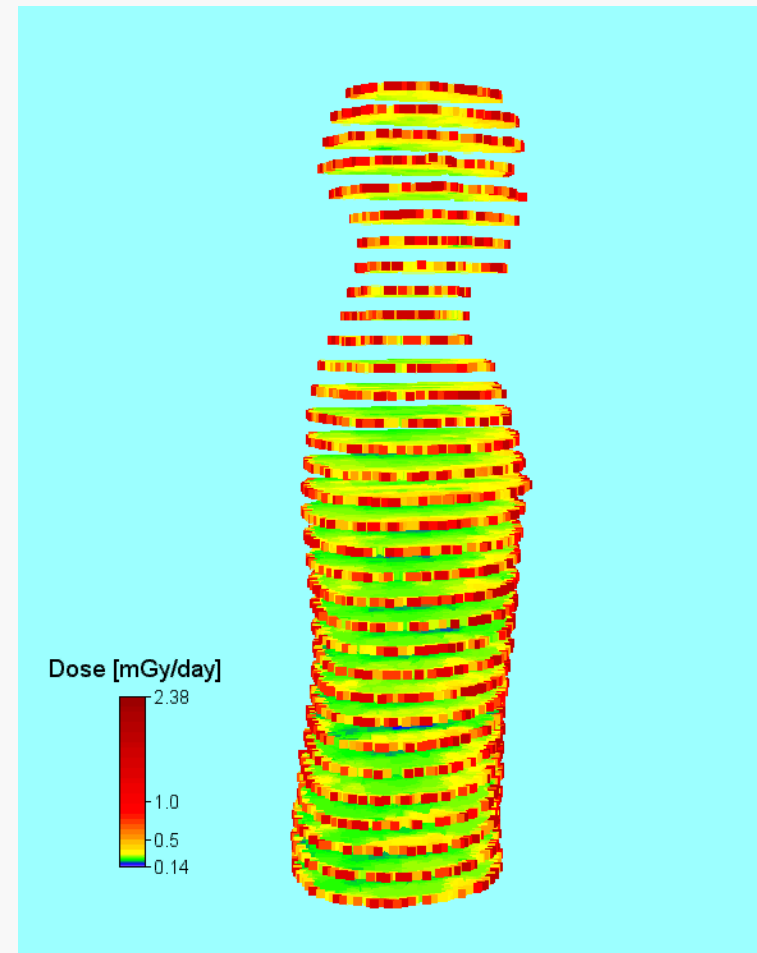
$\sim 240 \mu\text{Sv/d}$. Összesen: $240 + 242 = 482 \mu\text{Sv/d}$

(Magyarországon a sugárveszélyes munkakörben dolgozók éves dózisterhelése 20 mSv.)

Q átlagos minőségi tényező növekszik a csökkenő naptevékenységgel $\Rightarrow$ növekvő GCR rész

Kitekintés

- A Hamlet konzorcium tagjainak további detektorai lehetővé teszik egy űrhajós testében a dóziseloszlás 3D modellezését.
- MAT-KIBO kísérlettel 2011 végére lezárul a HAMLET project.
Ismert mélydózis eloszlás az ISS moduljaiban.
- Mars utazás: szimulált és mért adatok hasonló sugárzási teret és nagyobb intenzitást jósolnak, mint a LEO-n.



**Köszönöm a
figyelmet**

