MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA **ENERGIATUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT**

XLIV. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam
Hajdúszoboszló, 2019. április 16-18.

KÖRNYEZETELLENŐRZŐ RENDSZEREKBEN HASZNÁLT DOZIMETRIAI MÉRŐRENDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATÁNAK EREDMÉNYEI

Jakab Dorottya (jakab.dora@energia.mta.hu), Apáthy István, Csőke Antal, Deme Sándor, Endrődi Gáborné, Tósaki László, Pázmándi Tamás

MTA Energiatudományi Kutatóközpont

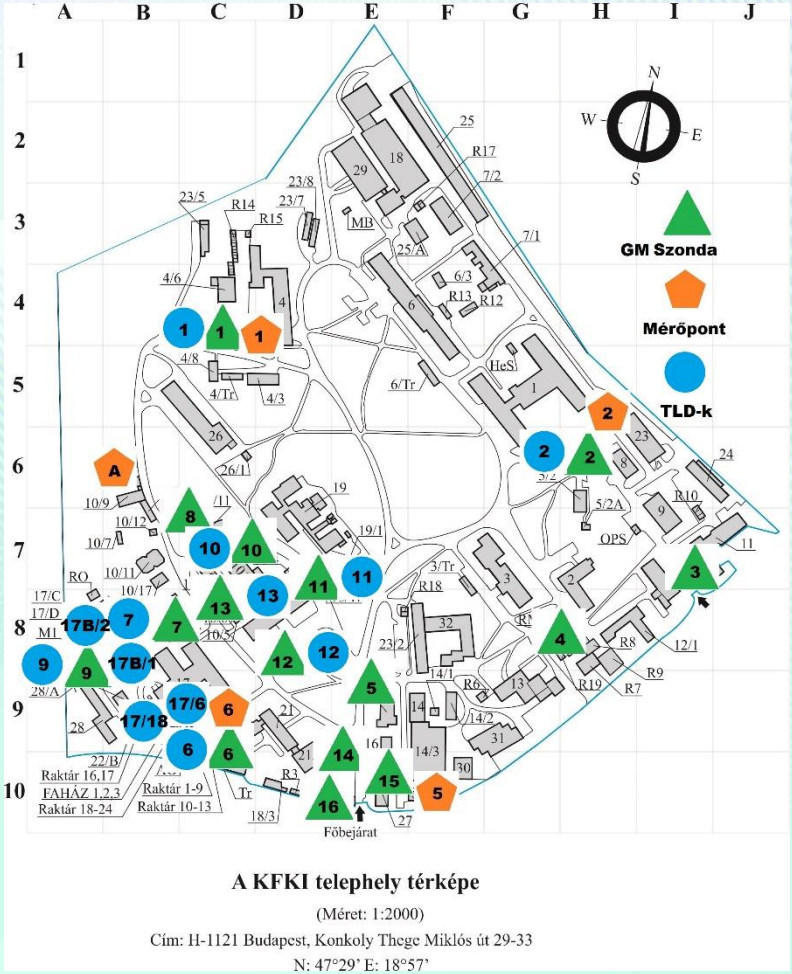
Környezeti dózis- és gamma-dózisteljesítmény mérések a KFKI Telephelyen

16 db környezeti GM csöves gamma-szonda távmérő detektor

- az ellenőrző funkció tekintetében kritikus mérőpontokon (RÜ és Izotóp Intézet Kft.),
- a főbb közlekedési útvonalak mellett,
- a kibocsátási pontoktól távol (környezeti háttérsugárzás monitorozására).

2x13 db passzív termolumineszcens (TL) dozimetriai – Pille és PorTL – mérőrendszer

- 9 mérőponton a gamma-szondák közelében,
- 4 mérőponton csak TL dozimetriai mérések.



Forrás (szerkesztve): MTA EK Környezetvédelmi Szolgálat 2018. évi jelentése. MTA EK-KVSZ-2019-387 (2019)

Passzív és aktív környezeti dozimeterek összehasonlító vizsgálata

Célkitűzések:

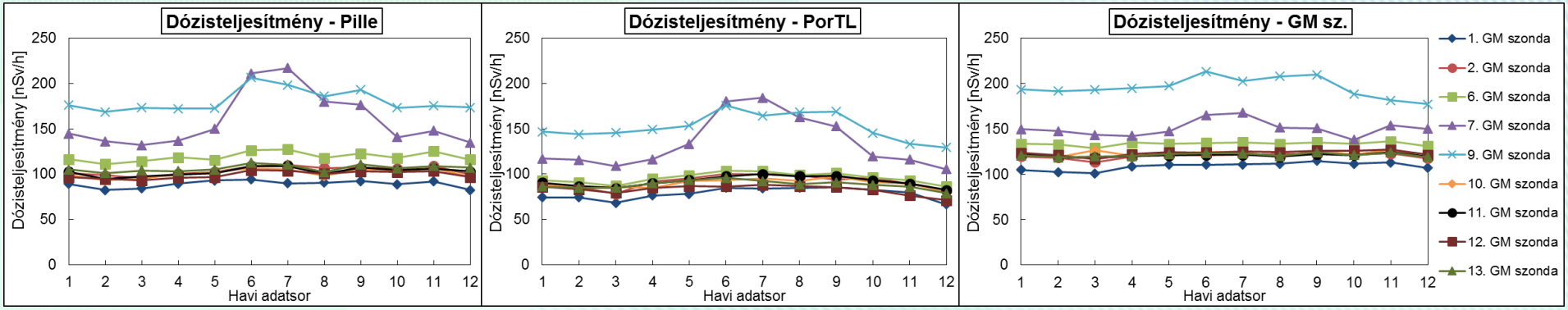
- Különböző módszerekkel mért környezeti dózisszintek összevetése
- Dozimetriai rendszerek stabilitásának vizsgálata
- Trendek (szezonalitás) vizsgálata, külső körülmények (csapadék, hőmérséklet) hatásainak megállapítása

Detektor	Pille	PorTL	Gamma-szonda
Típus	TL dózismérő	TL dózismérő	GM csöves gamma-dózisteljesít-mény mérő
Üzemelés	Passzív, szakaszos	Passzív, szakaszos	Aktív, folyamatos üzemű
Adatszol-gáltatás	Expozíciót követő kiolvasás, elnyelt dózis → expozíció időtartamára (~1 hónap) integrált dózisteljesítmény	Expozíciót követő kiolvasás, elnyelt dózis → expozíció időtartamára (~1 hónap) integrált dózisteljesítmény	Perces gyakorisággal generált átlag dózisteljesítmény

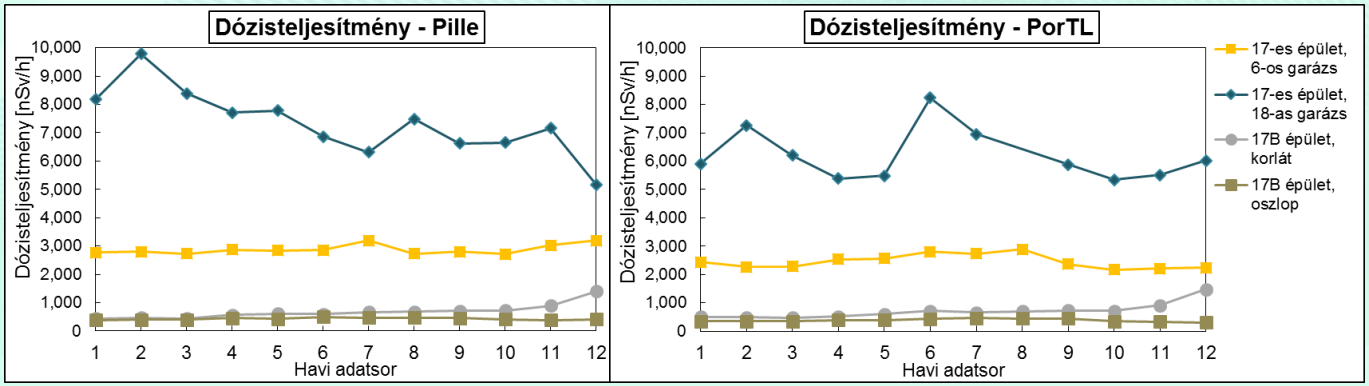
Passzív és aktív környezeti dozimeterek összehasonlító vizsgálata

12 havi adatsor feldolgozása:

- 9 mérőponton aktív (GM szonda) és passzív (PorTL, Pille) mérések



- 4 mérési ponton csak passzív környezeti dozimetria (Pille, PorTL)



Passzív és aktív környezeti dozimeterek összehasonlító vizsgálata

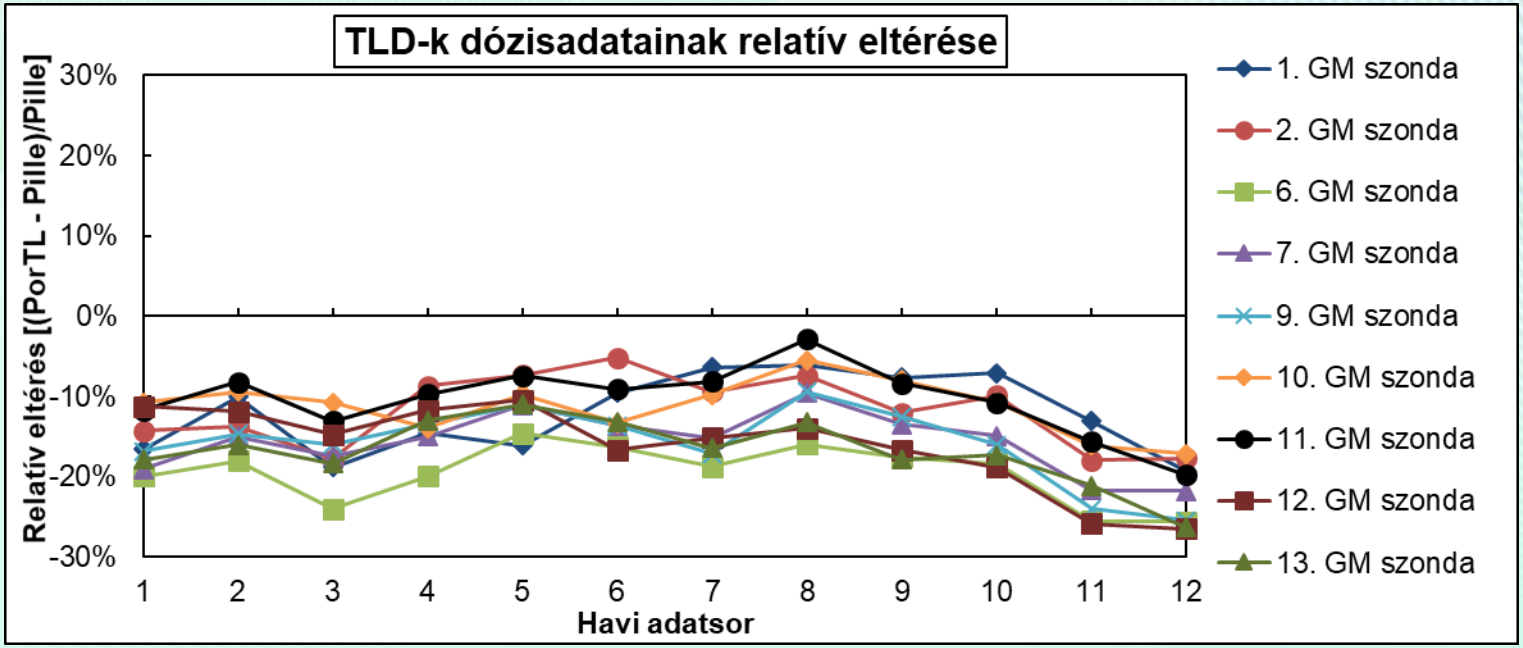
Eredmények, következtetések:

- **Aktív és passzív mérőrendszerek stabilitása** – adott mérőhelyen mért havi adatok átlagos relatív szórása:
  - **GM szondák: 6,1%**
  - **Pille dozimeterek: 9,6%** (háttérsugárzás szintjének monitorozásakor: 4,2%)
  - **PorTL dozimeterek: 12%** (háttérsugárzás szintjének monitorozásakor: 6,5%)
- **Aktív és passzív mérőrendszerek közti eltérés**:
  - **PorTL és Pille dozimeterek között** átlagos **-13%**-os eltérés
  - **PorTL és GM szondák között** átlagos **-25%**-os eltérés
  - a GM szondák és TLD-k közti eltérés aránya időben közel állandó
- A környezeti dózisteljesítmény monitorozását az aktív gamma-dózisteljesítmény és a passzív dozimetriai mérőrendszerek egyaránt biztosítják.

TL anyag karakterisztikák vizsgálata

Célkitűzések:

- A párhuzamos mérési eredmények közti eltérések okának felderítése



- A passzív dozimetriai mérések pontosságát befolyásoló paraméterek vizsgálata
- Korrekciós faktorok megállapítása
- A befolyásoló paraméterek hatásainak kiküszöbölése

TL anyag karakterisztikák vizsgálata

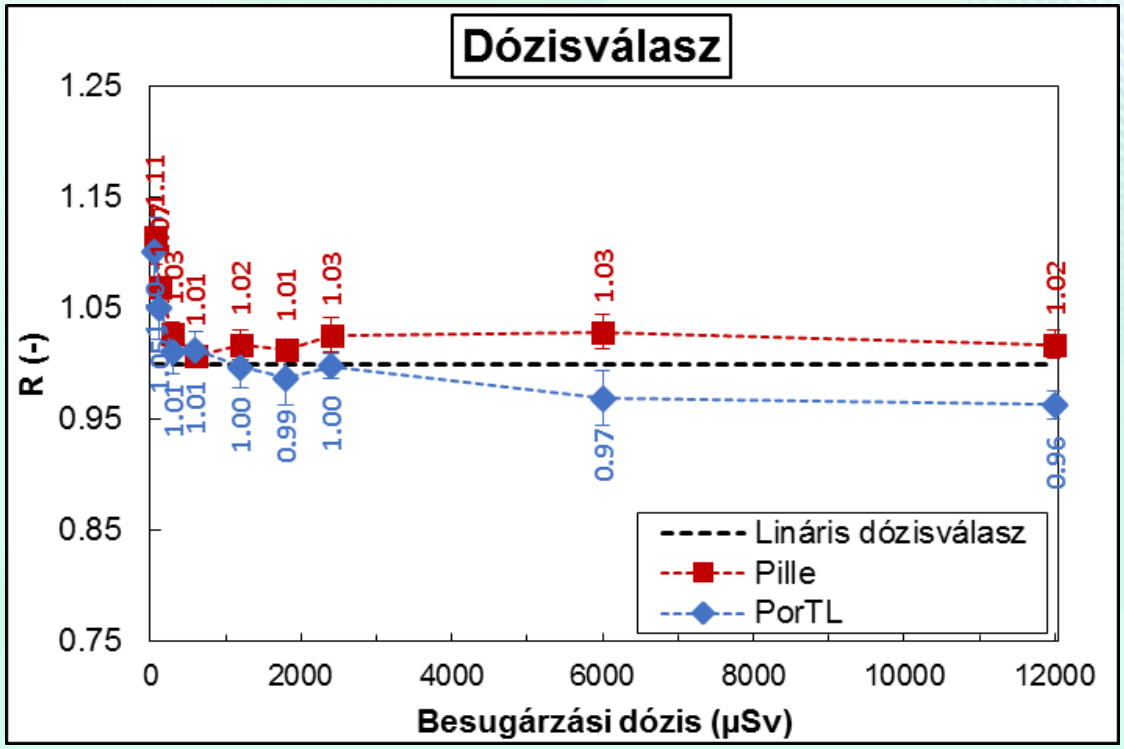
Detektor	Pille	PorTL
Detektortípus	Búra	Tabletta
TL anyag	$CaSO_4$:Dy	Al_2O_3:C
Mérési tartomány	3 µGy-10 Gy	10 µSv-100 mSv
Méret	Φ 20 mm, hossz 60 mm	Φ 14 mm, hossz 64 mm Φ 33 mm, hossz 106 mm (védőtokkal)
Tömeg	70 g (védőtokkal)	25 g (patron) 45 g (védőtokkal)
Védőtok anyaga	0,5 mm rozsdamentes acél	3 mm falvastagságú PET

TL anyag karakterisztikák vizsgálata:

- Dózisválasz
- Energiafüggés és viszonyulása a környezeti spektrális háttéreloszláshoz
- Irányfüggés
- Termikus és atermikus fading hatás

TL anyag karakterisztikák vizsgálata – Dózisválasz $R = \frac{Mért\ dózis}{Besugárzási\ dózis}\ (-)$

- Besugárzás 9 dózisszinten, dózisszintenként 4 (Pille) – 5 (PorTL) dozimeter egyidejű besugárzása
- Besugárzási dózisok megválasztása a havi expozíció során átlagosan elnyelt dózisoknak megfelelő értéktartományban: 60 µSv – 12 mSv



Dózisválasz:

- felülbecslés a kis dózisok tartományában (≤0,3 mSv)

Linearitás:

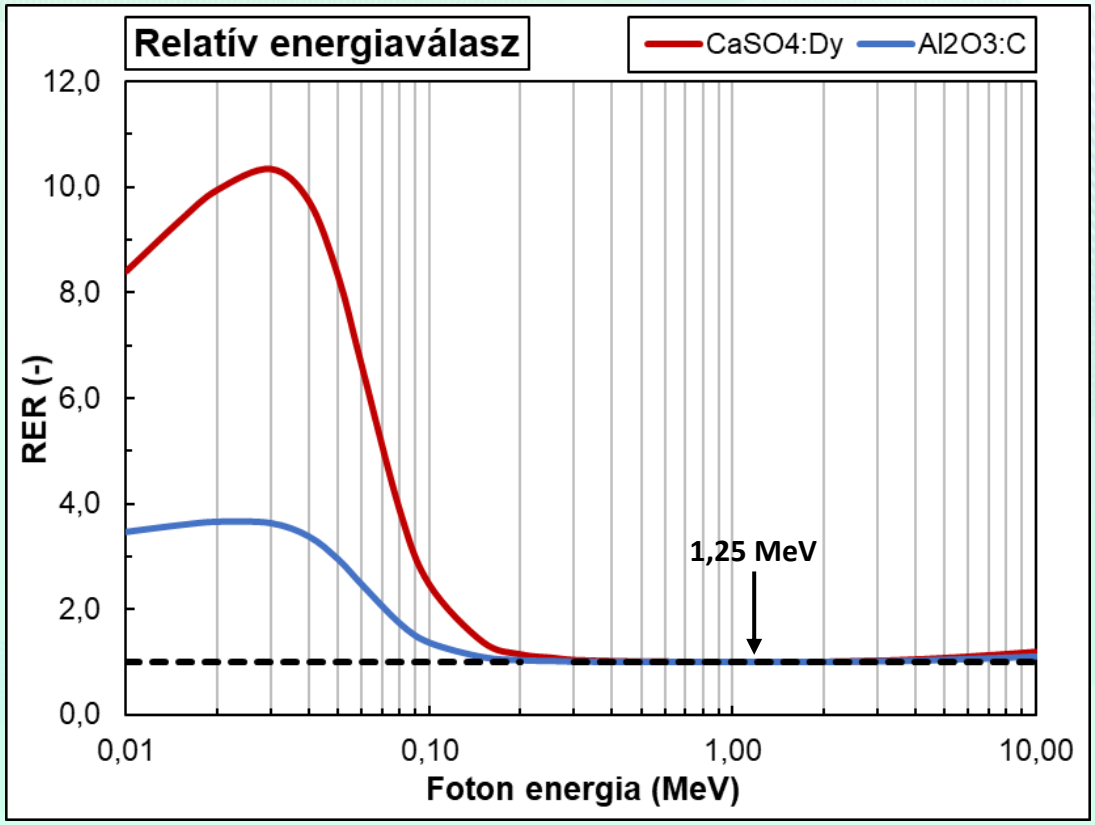
$(R_{max} - R_{min})/(R_{max} + R_{min})$

- Pille:
  - 5,0% (teljes tartomány)
  - 1,1% (>0,5 mSv)
- PorTL:
  - 6,6% (teljes tartomány)
  - 2,5% (>0,5 mSv)

TL anyag karakterisztikák vizsgálata - Energiafüggés

Relatív energiaválasz: RER

$$RER = \frac{[(\mu_{en}/\rho)_{TLD}/(\mu_{en}/\rho)_{air}]_E}{[(\mu_{en}/\rho)_{TLD}/(\mu_{en}/\rho)_{air}]_{^{60}Co\ (1{,}25\ MeV)}}$$



Energiaválasz:

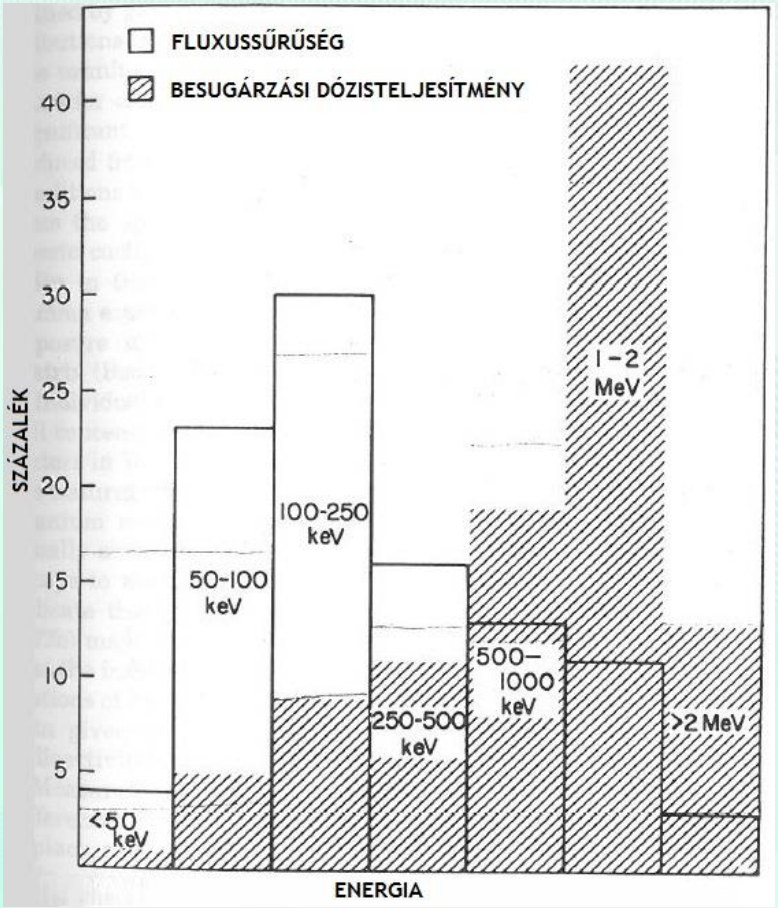
- kisenergiás tartományban (≤0,2 MeV) $RER \gg 1$
- >0,25 MeV energiáknál $RER = 1 \rightarrow$ Ø energiafüggés

Effektív rendszám: Z_{eff}

- Pille: $Z_{eff,\ CaSO_4:Dy}$ = 15,3
- PorTL: $Z_{eff,\ Al_2O_3:C}$ = 10,2

TL anyag karakterisztikák vizsgálata - Energiafüggés

- Környezeti spektrális háttéreloszlás - átlagos energia: 1,2 MeV

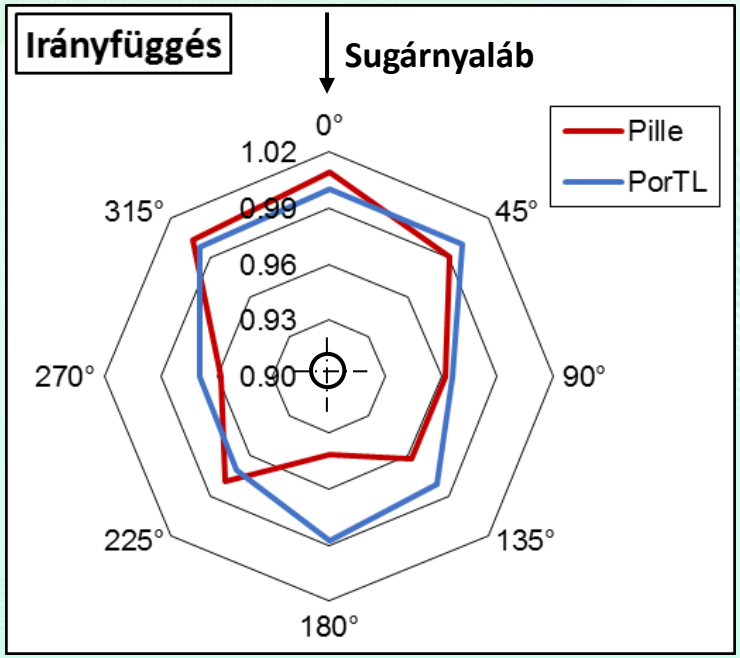


Energia	Dózistelj. spektrális eloszlása (%)		RER	
			$CaSO_4$:Dy	Al_2O_3:C
5-50 keV	1	6	8,6	3,4
50-100 keV	5		5,3	2,1
100-250 keV	9	94	1,5	1,1
250-500 keV	11		1,0	1,0
500-1000 keV	19		1,0	1,0
1-2 MeV	42		1,0	1,0
2-10 MeV	13		1,1	1,0

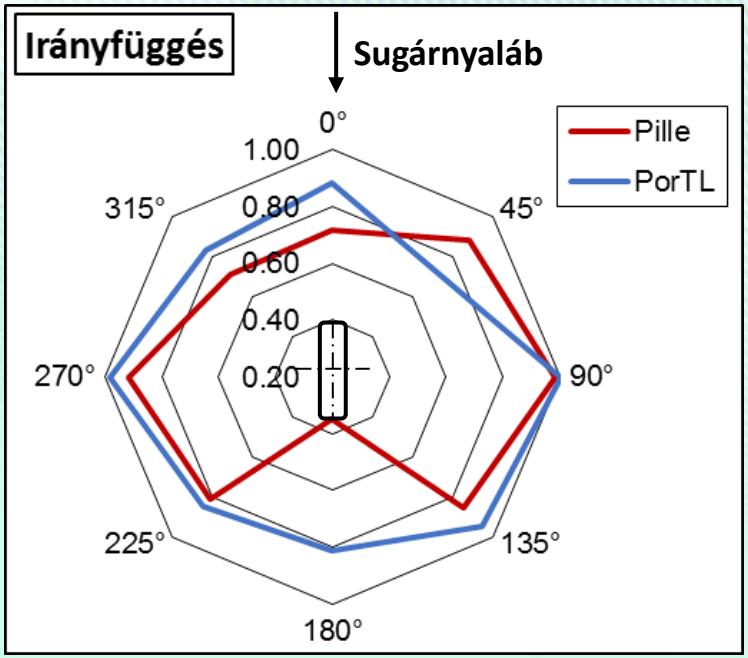
Forrás (szerkesztve): NCRP Report No. 50, Environmental Radiation Measurements (1976)

TL anyag karakterisztikák vizsgálata - Irányfüggés

- Besugárzás a dozimétert saját hossztengelye körül 45°-ként elforgatva
- A hosszirányú szimmetriatengely merőleges a besugárzási irányra, 0°-nak megfelelő referencia irány



- Besugárzás a dozimétert hossztengelyére merőlegesen elforgatva
- A 0°-nak megfelelő pozícióban a sugárnyaláb és a detektor hosszirányú szimm.tengelye egybeesnek, 90°-nak megfelelő ref. irány

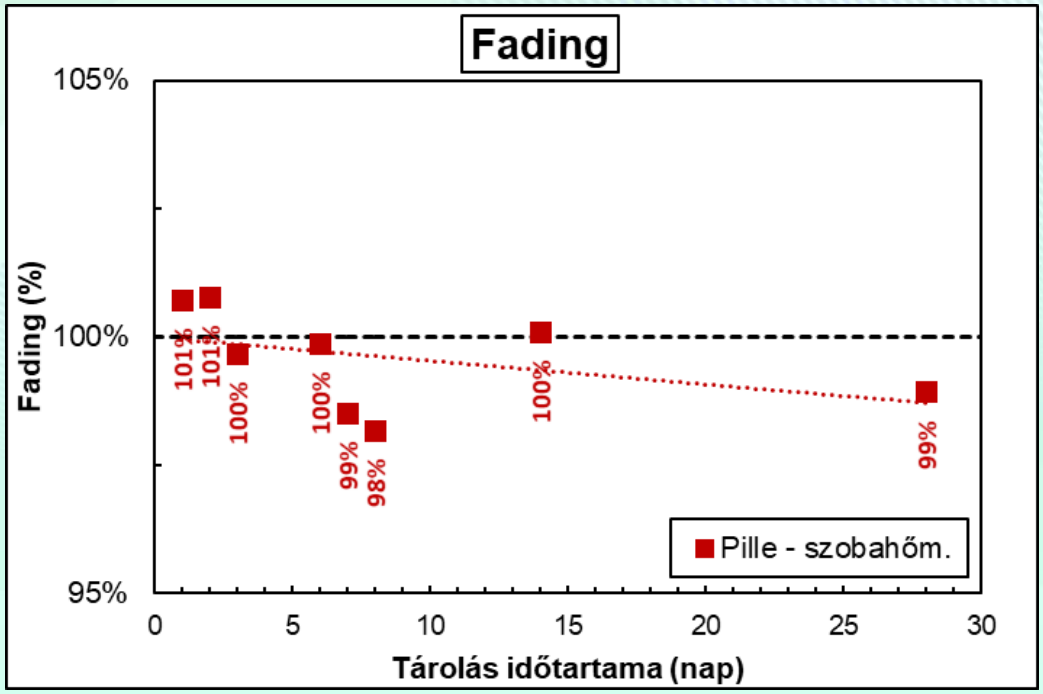


- A hossztengely menti irányfüggés lényegesen nagyobb, összhangban a dozimeterek szerkezeti és mechanikai felépítése alapján várható eredményekkel
- Pille esetében nagyobb irányfüggés a tok árnyékoló hatása miatt

TL anyag karakterisztikák vizsgálata - Fading

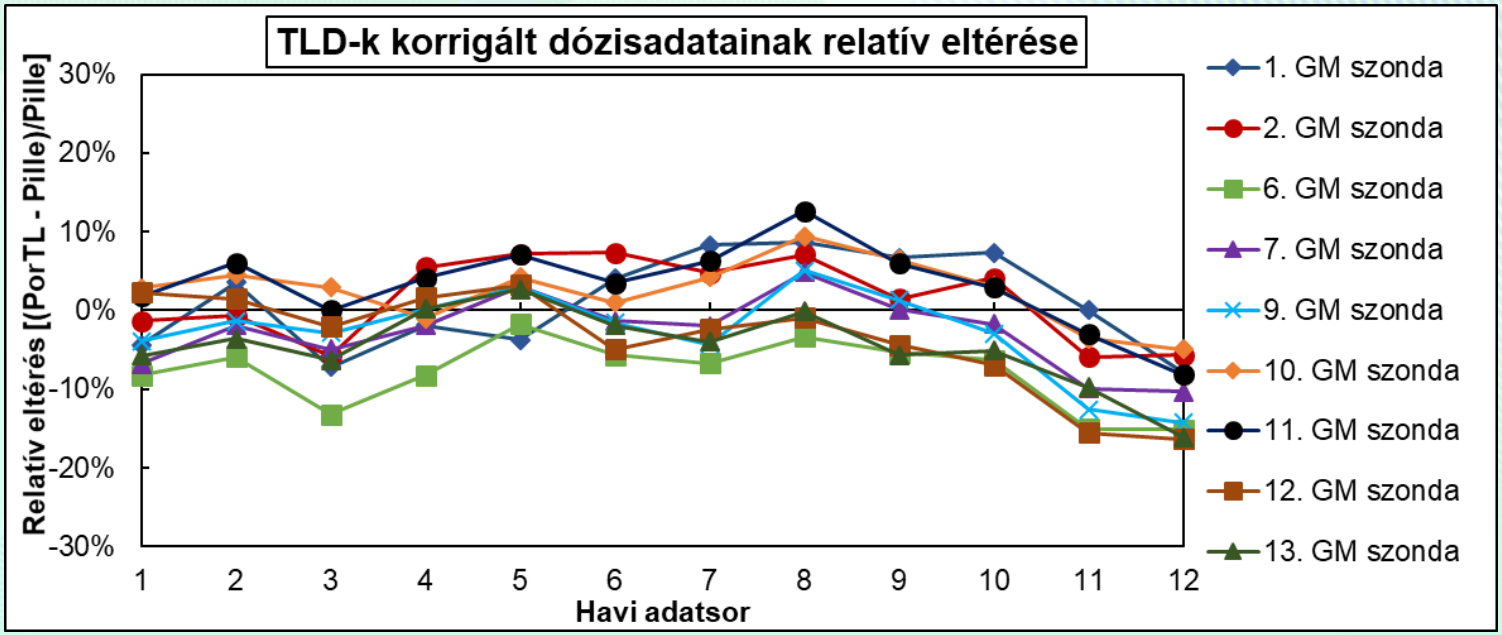
Fading - a válasz időegység alatti gyengülése

- Besugárzást követő tárolás szobahőmérsékleten, a környezeti expozíciónak megfelelő időtartamig
- Pille: 1-2% / hónap
- PorTL: 1-2% / hónap



TL mérések korrekciója

- A TL anyagra vonatkozó névleges relatív energiaválasz került meghatározásra – korrekcióhoz energiafüggés kísérleti vizsgálata (tokozás figyelembe vétele) is szükséges!
- A szögfüggések korrekciós tényezőként való alkalmazása akkor lehetséges, ha ismert a besugárzás iránya, izotróp tér esetében átlagérték használható



- A korrekciót követően a **PorTL és Pille dozimeterek közti átlagos eltérés 1,0%-ra csökkent**.
- **A TL méréseket befolyásoló paraméterek hatásainak** (energiafüggés, irányfüggés, fényérzékenység, termikus fading hatás) **kiküszöbölésére TLD tartó üzembe helyezése**

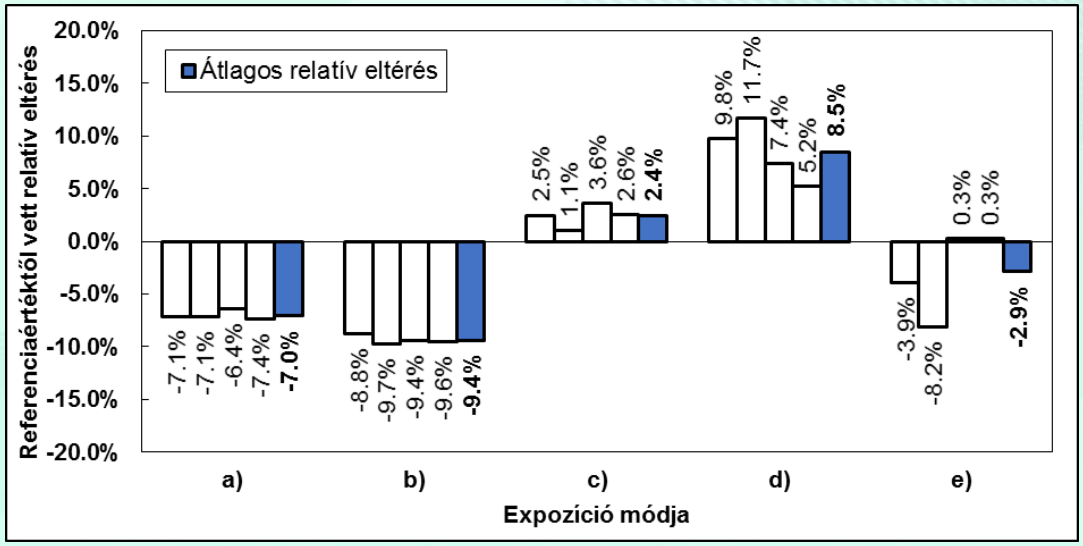
Passzív környezeti dozimeterek nemzetközi összemérése

- EMPIR Intercomparison 2017/2018 of Passive H*(10) Area Photon Dosemeters
- Passzív dozimetéter-rendszer (Pille) hosszú távú stabilitásának vizsgálata
- Expozíció eltérő sugárzási terekben – dózisválasz vizsgálata

Jel	Expozíció	Besugárzás módja	Expozíció időtartama	Dozimeter darabszám
a)	^{137}Cs fotonmezőben	Referencia irányból	Egyszeri	4
b)	^{137}Cs fotonmezőben	90°-os elforgatás mellett	Egyszeri	4
c)	Természetes környezeti (terresztriális + kozmikus) sugárzási térben	Szabadtéri referenciaállomáson	Folytonos, 6 hónap	4
d)	Másodlagos kozmikus sugárzási térben	Tóra kihelyezett referenciaállomáson	Folytonos, 6 hónap	4
e)	Terresztriális sugárzási térben	c) és d) különbségeként kiszámítható	Folytonos, 6 hónap	4+4
+	Transzportdózis	Alacsonyhátterű (0,1 nSv/h) térben tárolva a expozíció teljes időtartama (6 hónap) alatt	Kétszeri (oda- és visszaszállítás)	4

Passzív környezeti dozimeterek nemzetközi összemérése

Jel	Sugárzási tér	Átlagos energia MeV	Referencia-érték H*(10) mSv	Átlagos mért érték H*(10) mSv	Statisztikai bizonyt. %	Átlagos rel. eltérés %
a)	^{137}Cs fotonmező 0°	0,650	30,0	27,9	0,6	**-7,0**
b)	^{137}Cs fotonmező 90°	0,650	30,0	27,2	0,6	**-9,4**
c)	Természetes környezeti (terresztriális + kozmikus)	n/a	0,294	0,301	1,1	**+2,4**
d)	Másodlagos kozmikus	n/a	0,137	0,149	2,6	**+8,5**
e)	Terresztriális	~ 1,2	0,157	0,152	4,2	**-2,9**



- Hosszú távú stabilitás, pontosság
- Reprodukálhatóság, kis statisztikai bizonytalanság
- Eltérő dózisválasz a terresztriális és kozmikus sugárzásra
- Besugárzott dózismérők eltérése – linearitás, fading hatás?

Köszönöm a megtisztelő figyelmet!

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
ENERGIATUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT