

XLIV. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam
Hajdúszoboszló, 2019. április. 17.

A védőcsőblokk emelését monitorozó dozimetriai mérőrendszer újrakalibrálása

Bujtás Tibor¹, Csurgai József², Kiss Mihály¹, Makovecz
Gyula¹, Marusa Andor^{*1}, Nagy Gábor², Solymosi József²,
Zsille Ottó²

¹MVM Paksi Atomerőmű Zrt.

²SOMOS Környezetvédelmi Kft.

atom
erőmű

m

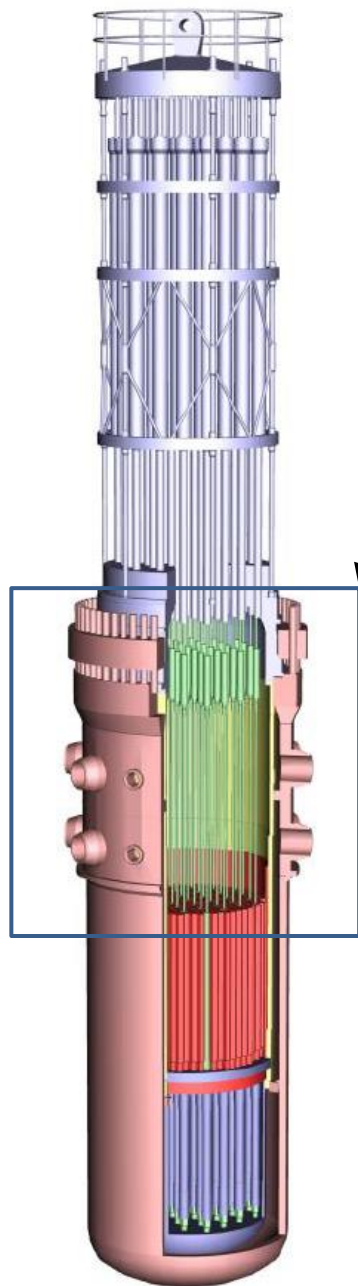
v

m

Tartalom

- Védőcsőblokk bemutatása
- Újrakalibrálás szükségessége
- A rendszer felépítése
- A mérés végrehajtása
- Eredmények bemutatása
- Összefoglalás

A reaktor-berendezés általános felépítése



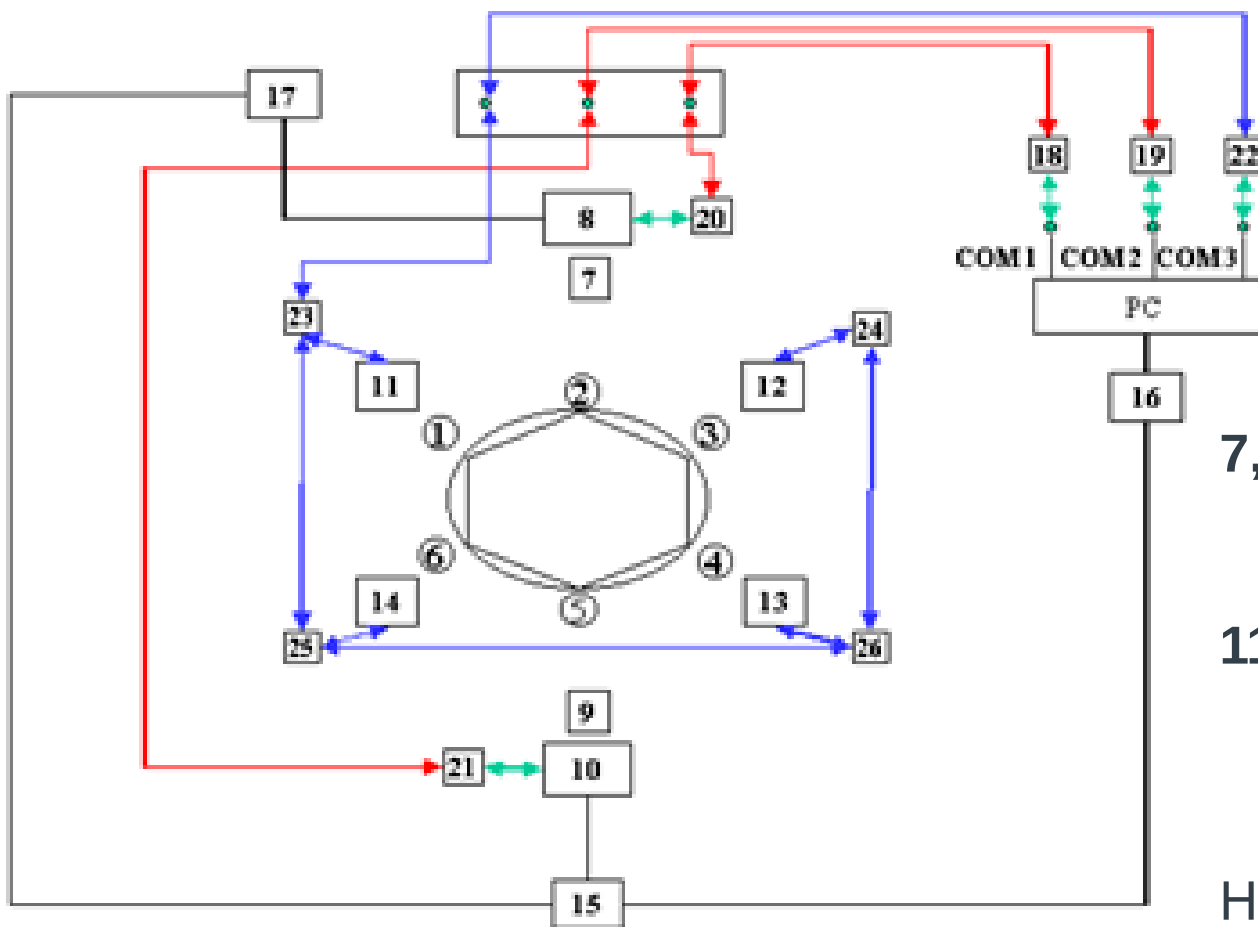
Védőcsőblokk:

- A kosár, üa. kazetták, aknafenék "felúszásának" megakadályozása;
- Üzemanyag kazetták központosítása;
- SZBV kazetták, közbenső rudak védelme;
- A hőmérséklet- (HE) és neutronfluxus mérés (FM) detektorait tartja (a mérések átvezetését biztosítja).

A monitoring rendszer újra kalibrálásának szükségessége

- A VCSB fűtőelem kazetta mentességének ellenőrzésére **1998-99-ben** a SOMOS KFT munkatársai a PART Sugárvédelmi Osztályával történő együttműködésben kifejlesztettek egy **monitoring rendszert**, amely a megemelt fűtőelem kazetta sugárzása mérésén alapul.
- A rendszer jelenlegi állapotában a paksi atomerőmű blokkjainak eredeti kampányának megfelelő fűtőelem kötegei emelési effektusainak detektálására lett tervezve, ezen kívül egy esetleges feltapadás esetén képes volt becslést adni a feltapadt kazetta pozíciójára is.
- Az új, **15 hónapos kampányban** működő zóna esetén a rendszer csak a feltapadás detektálását tudja végrehajtani, a **pozíció meghatározását** valószínűleg tévesen, vagy **nagy hibával** képes végezni.
- A rendszer első kalibrálása óta mintegy 19 év telt el, és a rendszer mérést végző elemeinek jelentős része szükségszerűen kicserélődött, ez óhatatlanul a **detektorok hatásfokának változását** vonta maga után.
- Az első kalibrálás során nem sikerült egyértelműen meghatározni annak a régiónak a határát, amit a spektrométerek a kollimálás miatt belátnak.

A monitoring rendszer felépítése

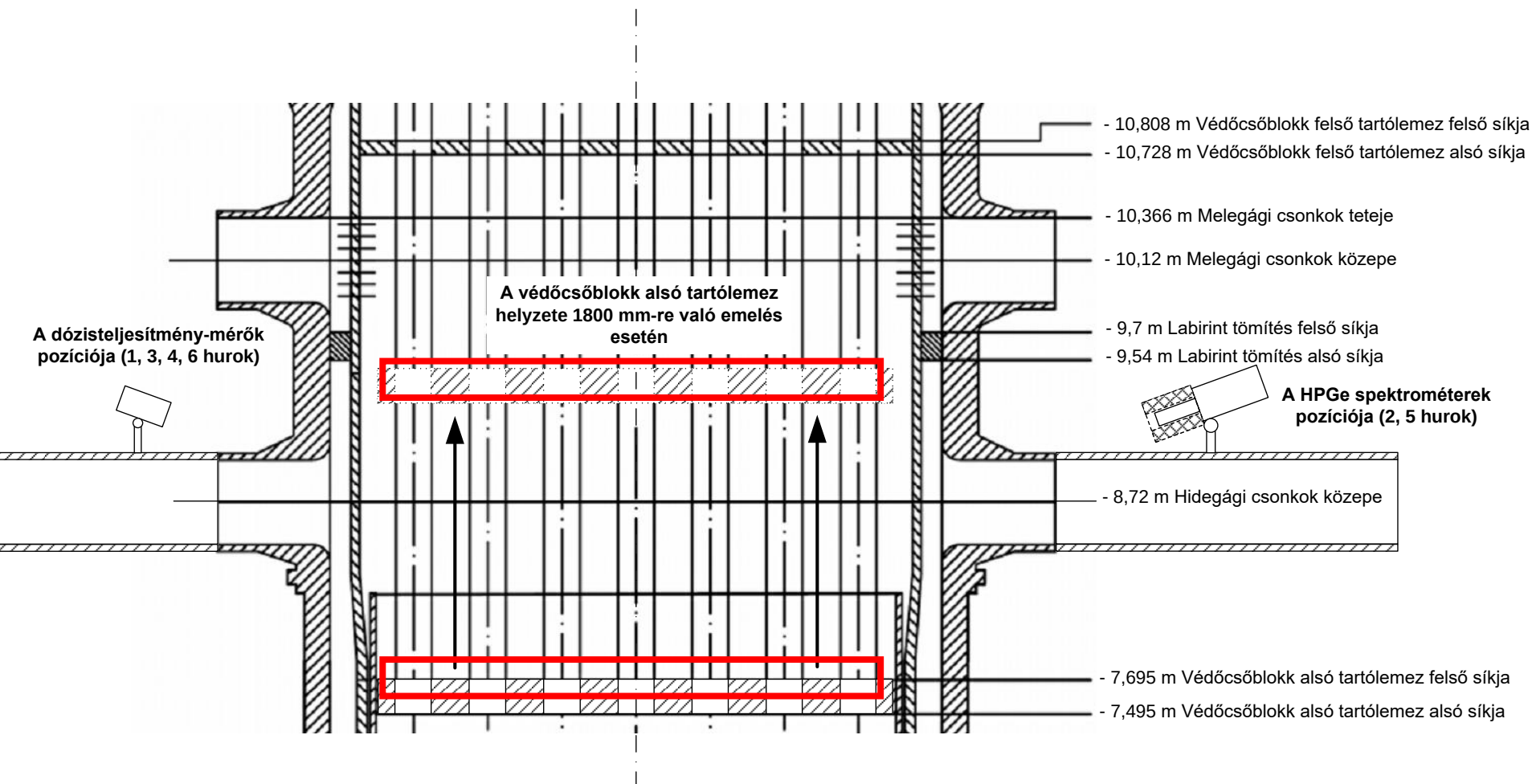


7,9: HPGE detektorok
(CANBERRA)

11-14: BNS-98
dózisteljesítmény mérők
(Gamma Műszaki ZRt.)

Hálózati egységek,
átalakítók, működtető
számítógépek

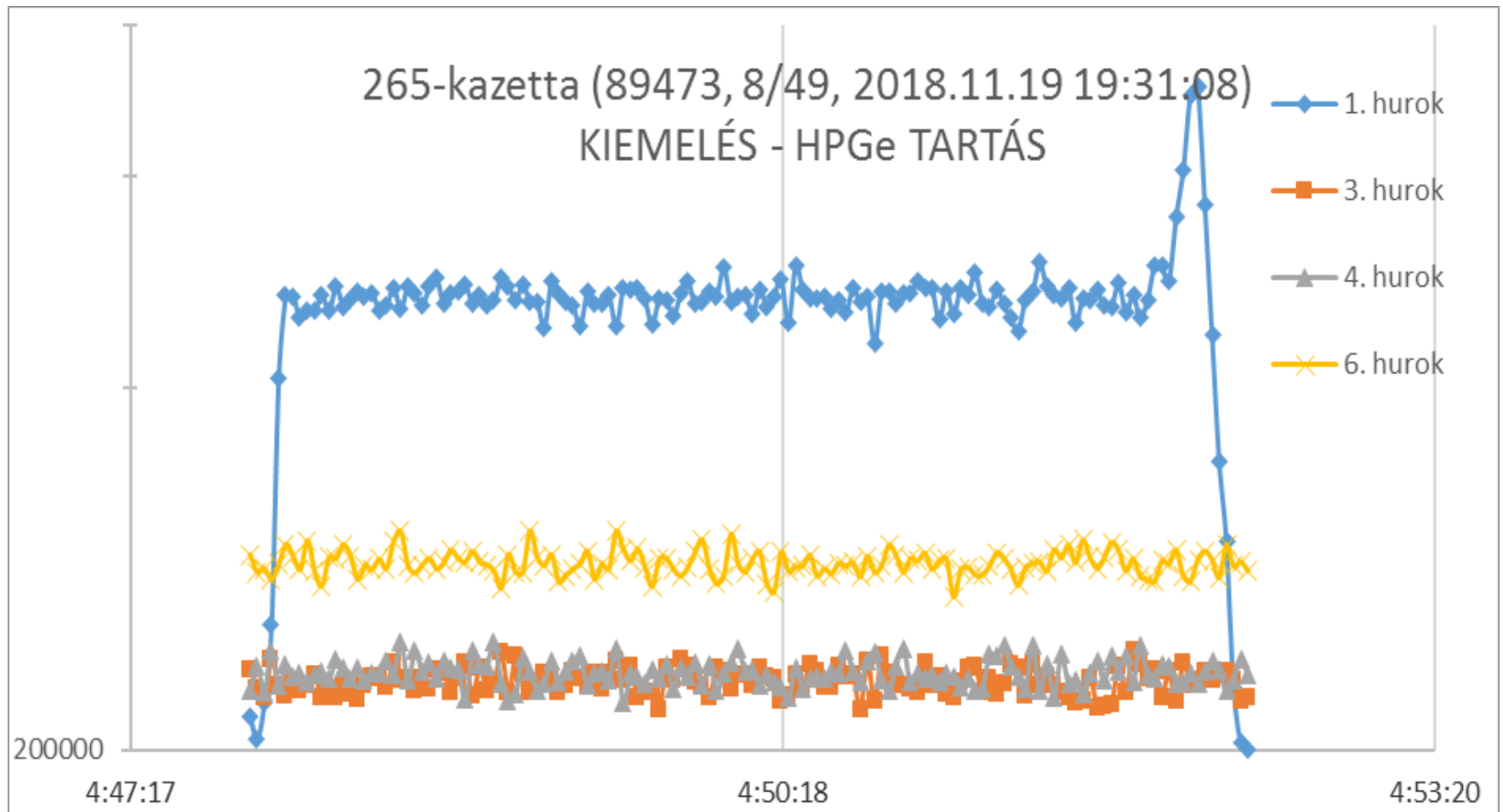
A monitoring rendszer mérési pozíciója a csonkzónában (hidegág)



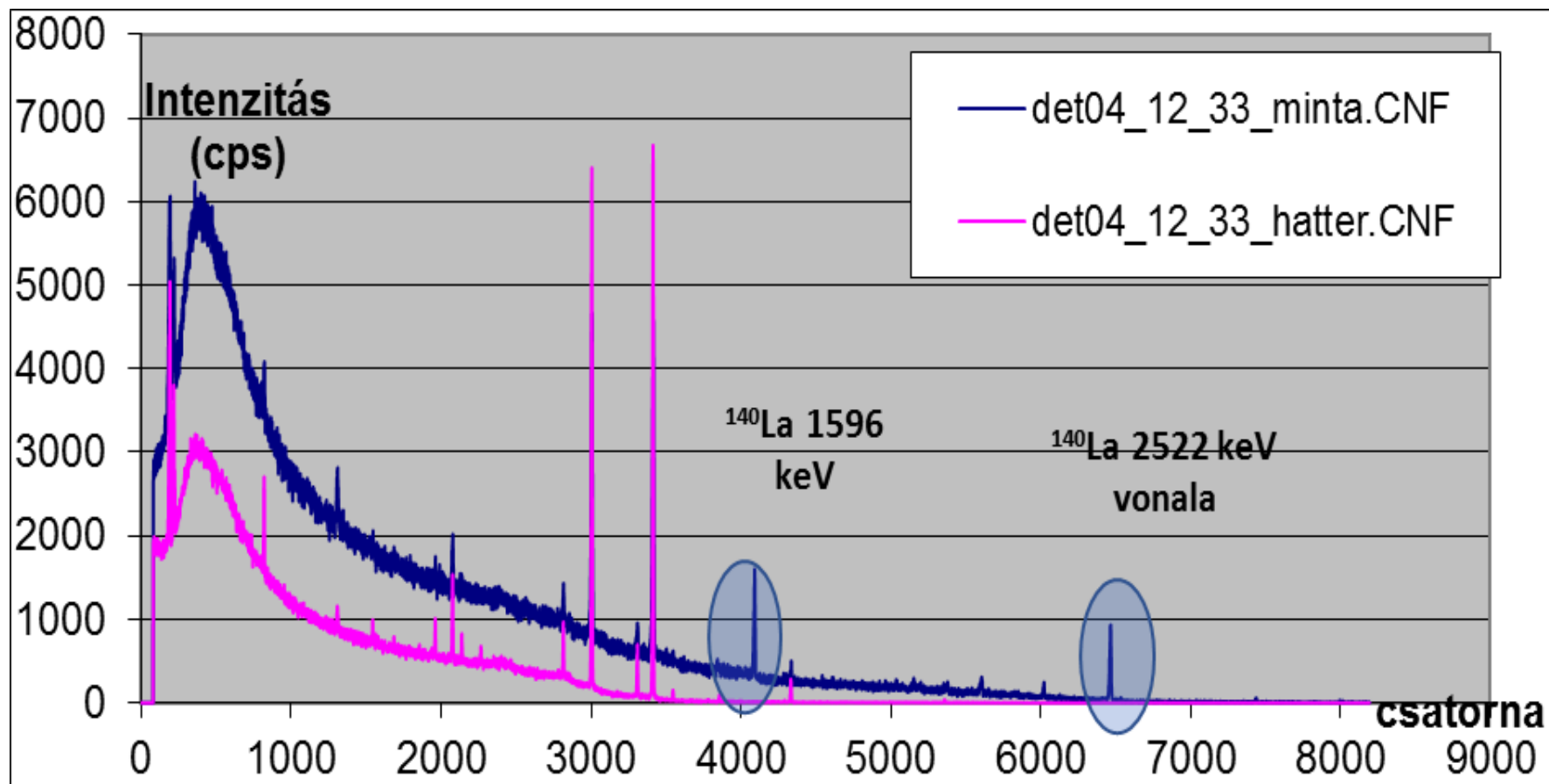
A monitoring rendszer mérési pozíciója a csonkzónában



A dózisteljesítmény mérő alrendszer működése

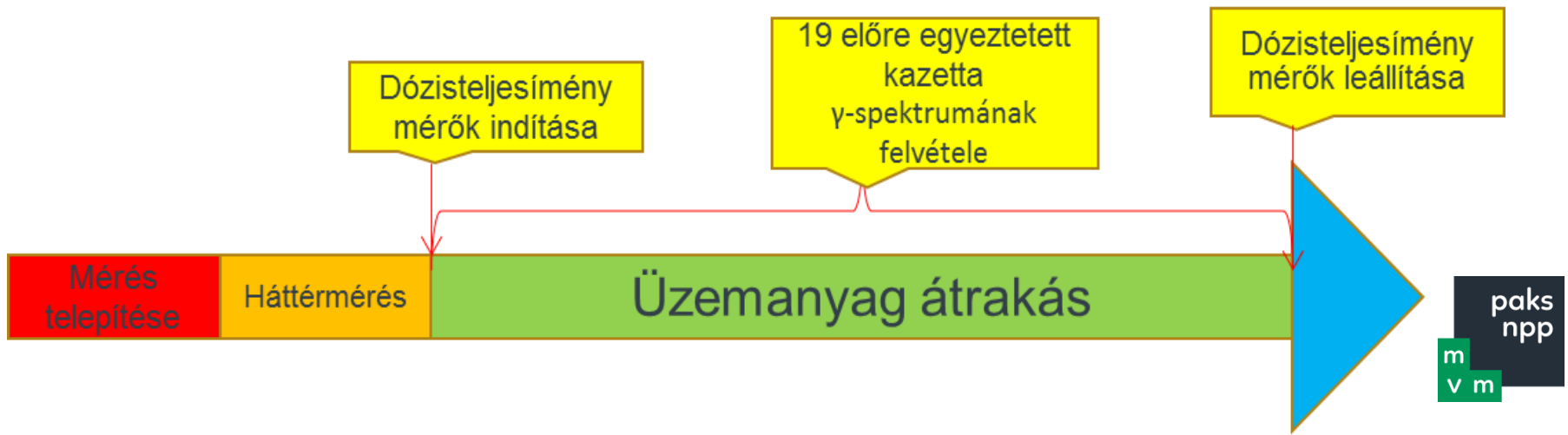


A gamma spektrometriás alrendszer működés



A mérések végrehajtása

- A program végrehajtása 2018. november 16-21 között, az 1.blokk 35. kampányának főjavítása alatt történt. A rendszer telepítése után 30 perces háttérméréssel ellenőriztük a rendszer állapotát.
- Az átrakás megkezdésével egy időben indítottuk a dózisteljesítmény mérők szoftverét, ami a teljes átrakás alatt folyamatosan rögzítette a dózisteljesítmény értékeket.
- Az előre egyeztetett 19 kazetta pozíciónál 1 perces gamma spektrum felvétel történt a félvezető detektorokkal.
- A fűtőelem kazettamozgatások pontos időpontját az átrakógép rögzítette.



Dózisteljesítmény mérők effektusainak kiértékelése

- Az effektus átlagértéke:

$$E = \frac{\sum_{e+1}^{e+n} P_i}{n}$$

E	Az effektus nGy/h-ban mért átlagértéke
P_i	Az effektus intervallumában mért pillanatnyi dózisteljesítmény értékek (nGy/h)
n	Az effektushoz tartozó értékek száma

- Az effektus előtti háttér értéke (H_1) és a hozzá tartozó standard deviáció (sd_1):

$$H_1 = \frac{\sum_{e-3n}^e P_i}{3n}$$

$$sd_1 = \sqrt{\frac{\sum_{e-3n}^e (P_i - H_1)^2}{3n - 1}}$$

- Az effektus utáni háttér értéke (H_2) és a hozzá tartozó standard deviáció (sd_2):

$$H_2 = \frac{\sum_{e+n}^{e+4n} P_i}{3n}$$

$$sd_2 = \sqrt{\frac{\sum_{e+n}^{e+4n} (P_i - H_2)^2}{3n - 1}}$$

- A kritériumhoz képzett különbségek ($\Delta P_{1,2}$) és a feltételek teljesülése:

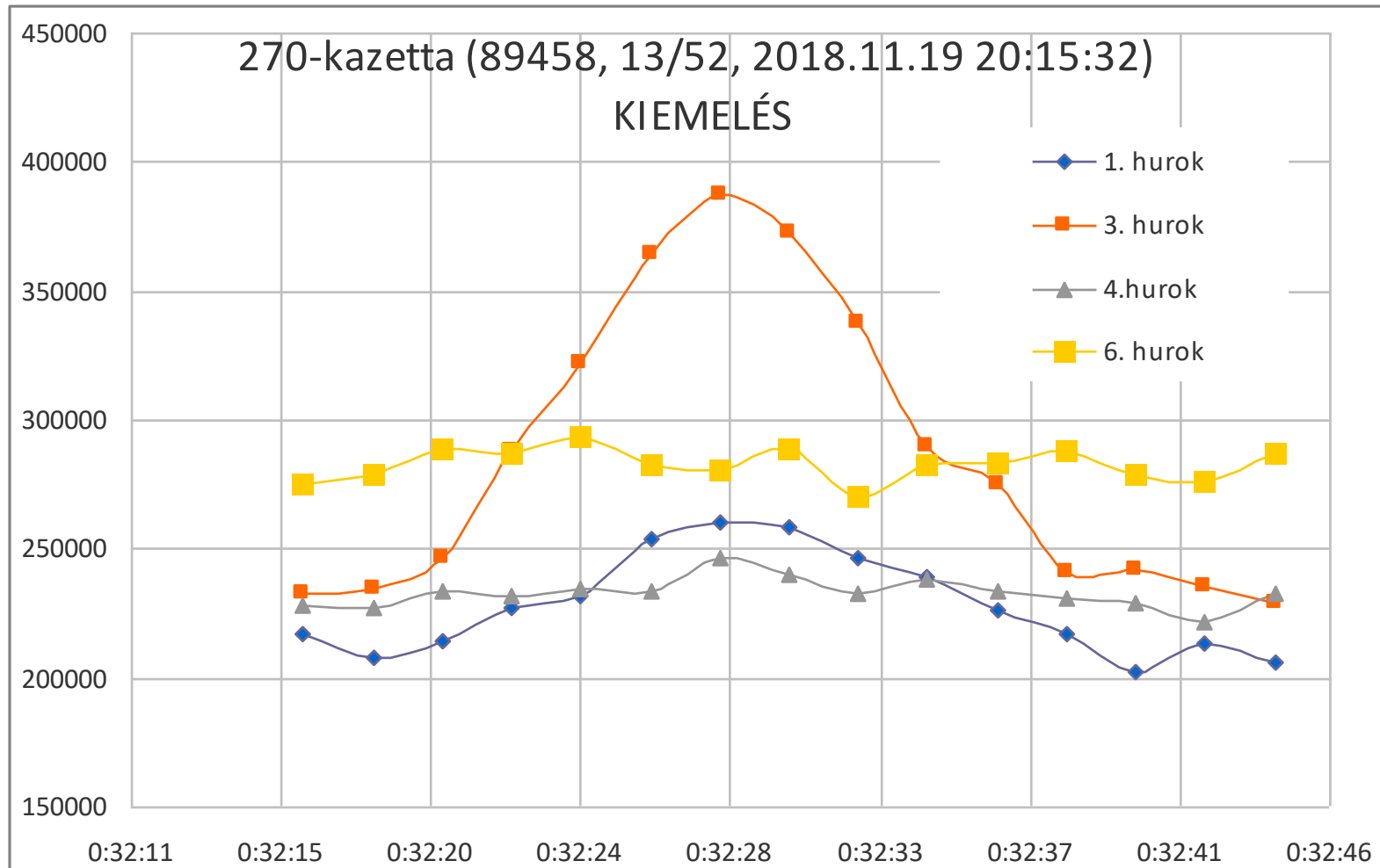
$$\Delta P_{1,2} = E - H_{1,2}$$

$$\Delta P_{1,2} = 3sd_{1,2}$$

- A kalibrációs függvényhez, ha az effektus a kritériumot kielégítette, a maximális effektus és a két háttér különbségének az átlagát használtuk:

$$\Delta P = \frac{2E_{max} - H_1 - H_2}{2}$$

A 13/52-es kazetta kiemelési effektusának dózisteljesítmény-mérési adatai

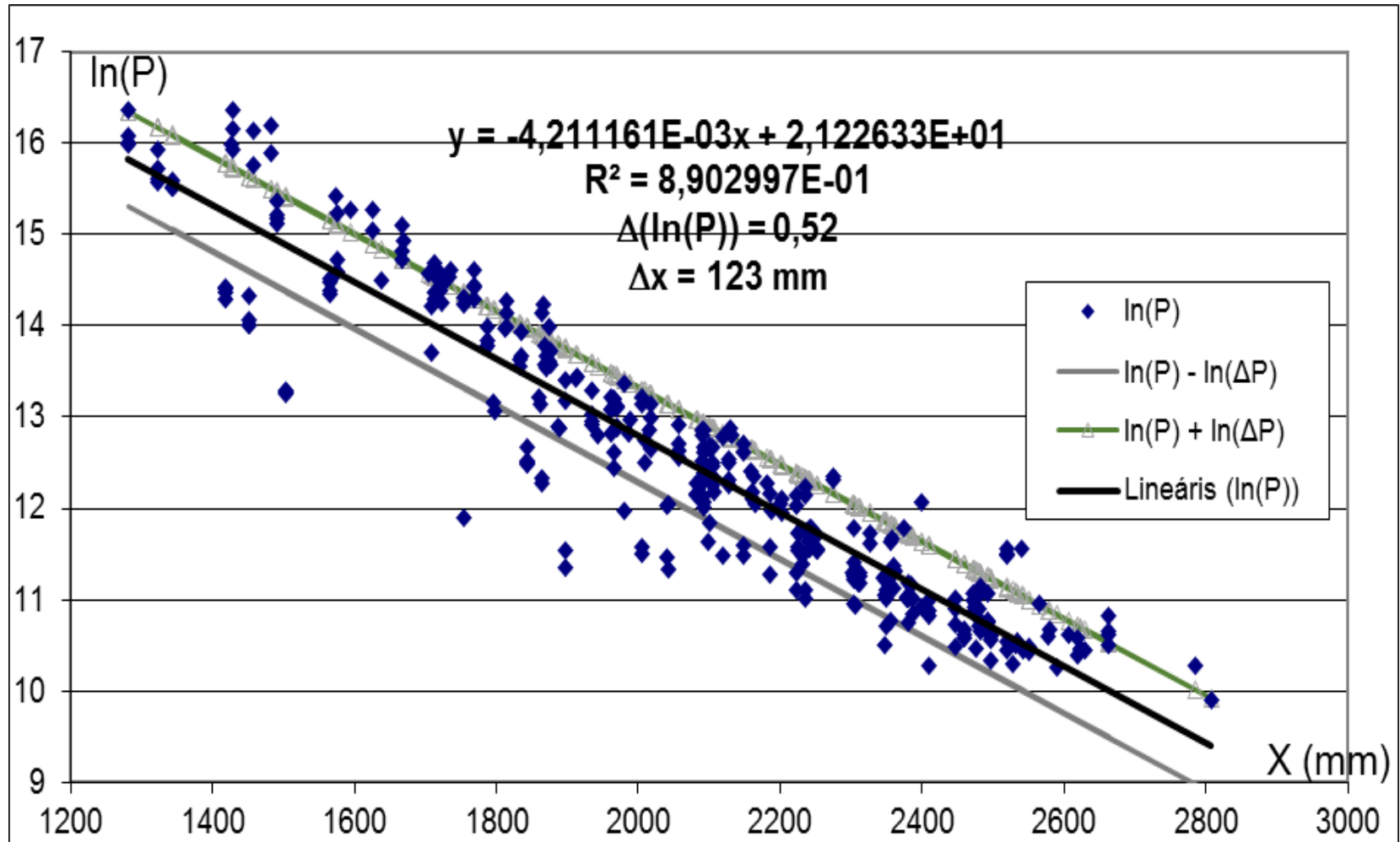


A 13/52-es kazetta emelési effektusának kiértékelése

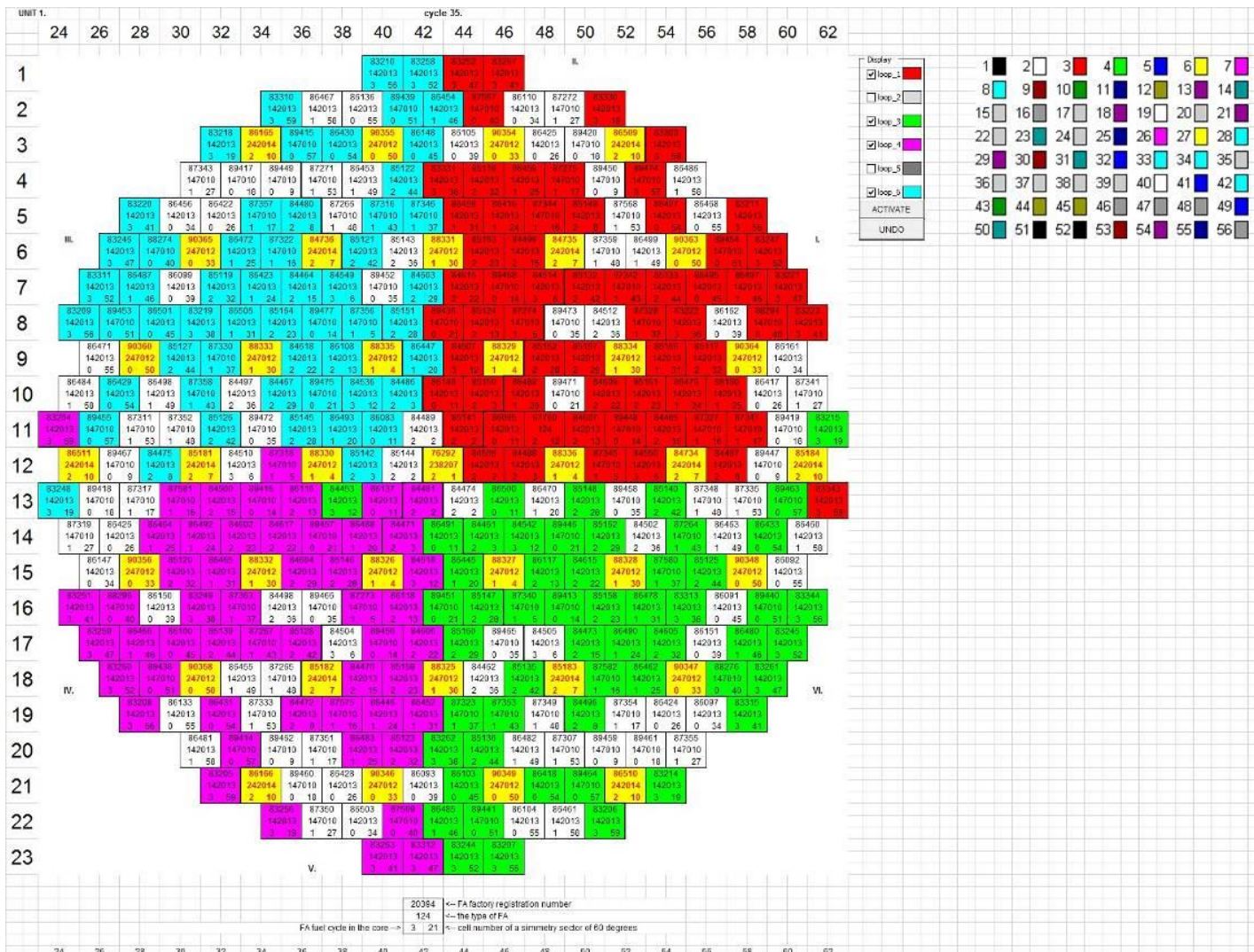
BNS	1 (90001)			2 (90002)			3 (90003)			4 (90007)		
Hurok	1			3			4			6		
	H ₁	E	H ₂	H ₁	E	H ₂	H ₁	E	H ₂	H ₁	E	H ₂
	205136	228255	205717	225557	286729	227352	230020	233101	231205	281880	282831	284313
E _{max}		260210			387030			246540			293250	
ΔP_1	E-H ₁	23119			61171			3081			951	
ΔP_2	E-H ₂	22538			59377			1895			-1482	
ΔP_3	E _{max} -H ₁	55074			161473			16520			11370	
ΔP_4	E _{max} -H ₂	54493			159678			15335			8937	
ΔP		54783			160575			15927			10153	
sd ₁		3934			6479			6508			8211	
sd ₂		5130			5312			5247			9559	
$\Delta P_1 > 3sd_1$		11317			41735			-16443			-23683	
$\Delta P_2 > 3sd_2$		7147			43440			-13844			-30158	

Feltapadás kritériuma: az effektus és a háttér különbsége nagyobb, mint az adott háttérhez tartozó standard deviáció háromszorosa.

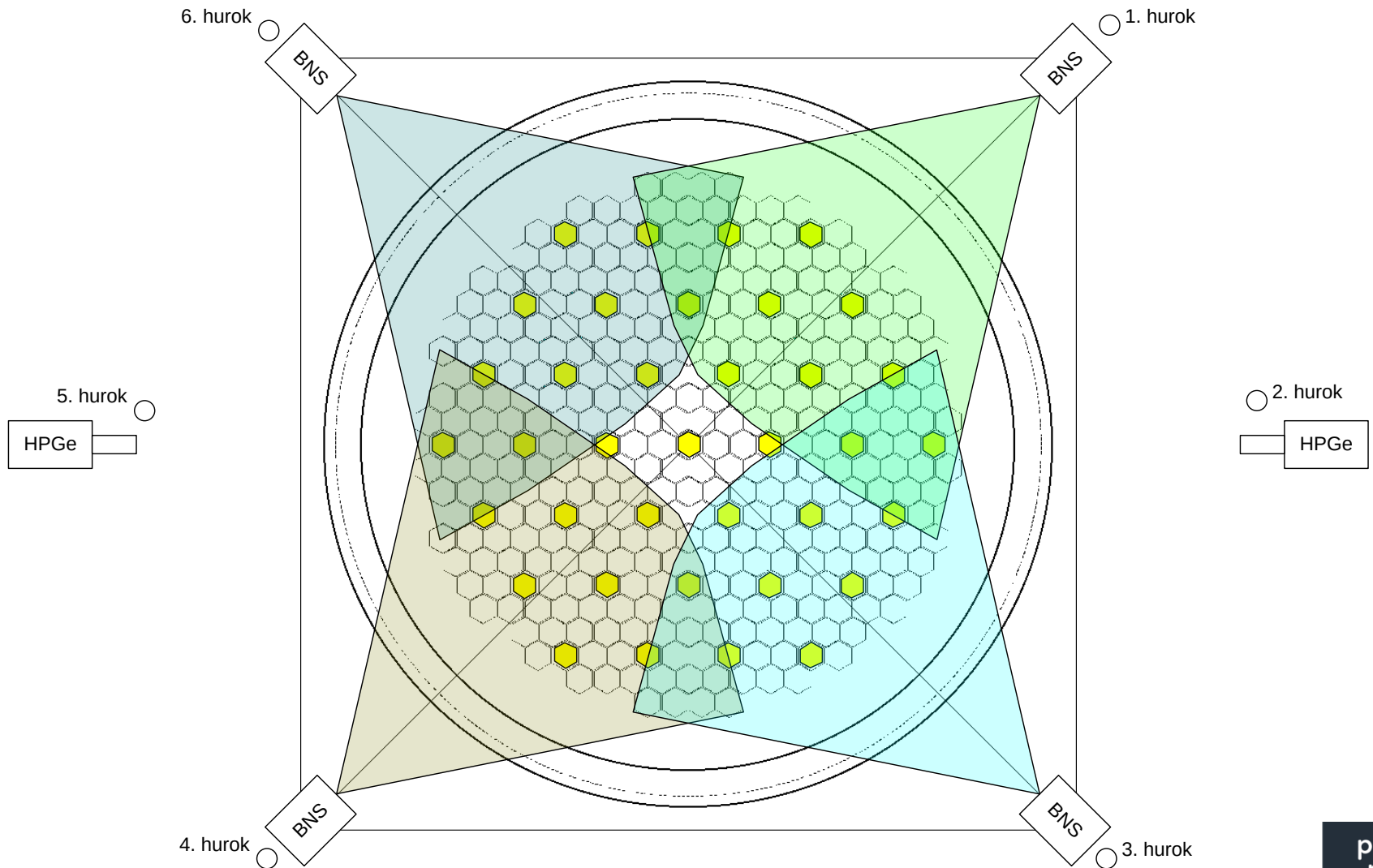
A mért dózisteljesítmény értékek távolságfüggése



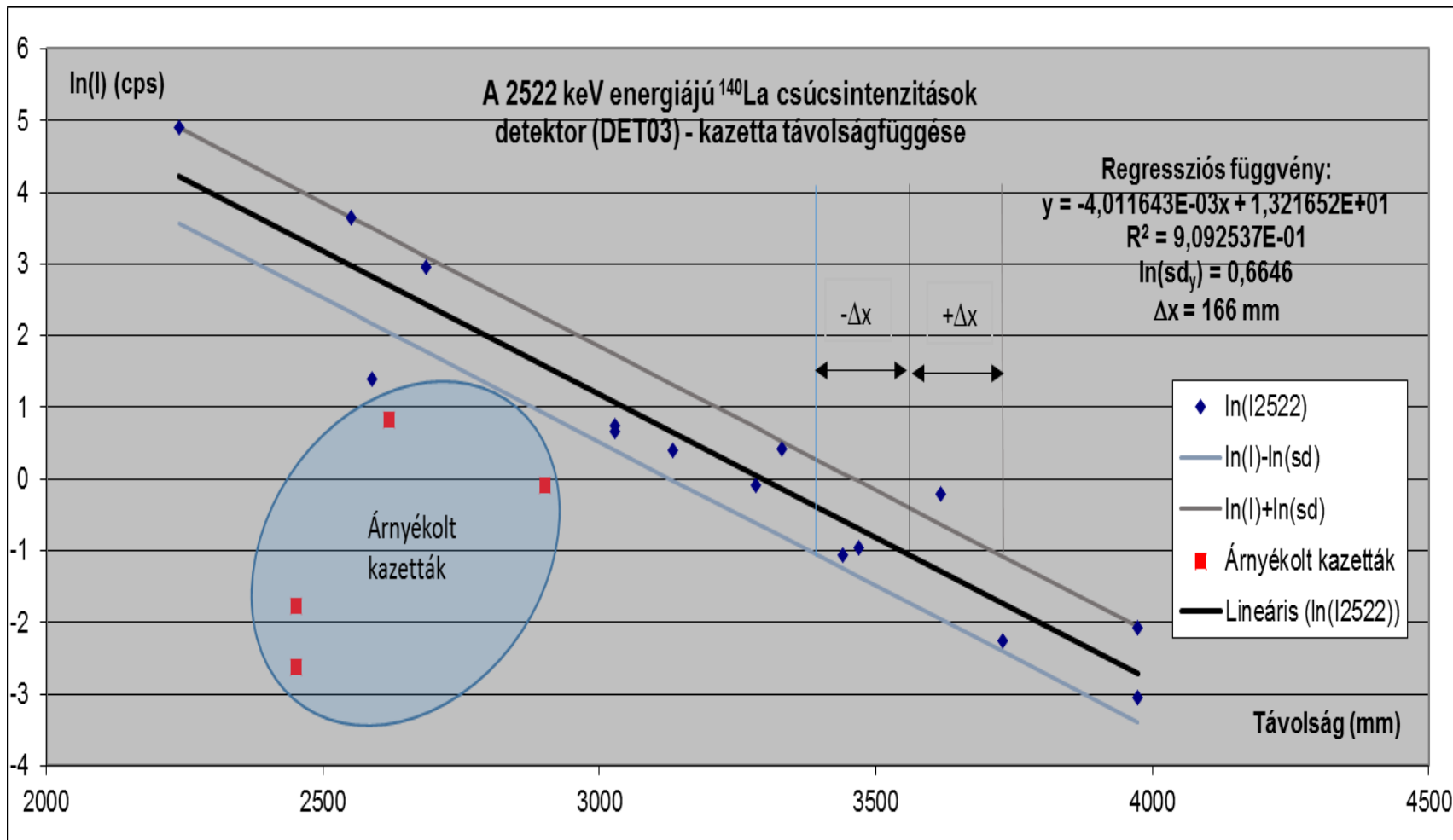
A dózisteljesítmény mérők adatai által lefedett kazetta pozíciók



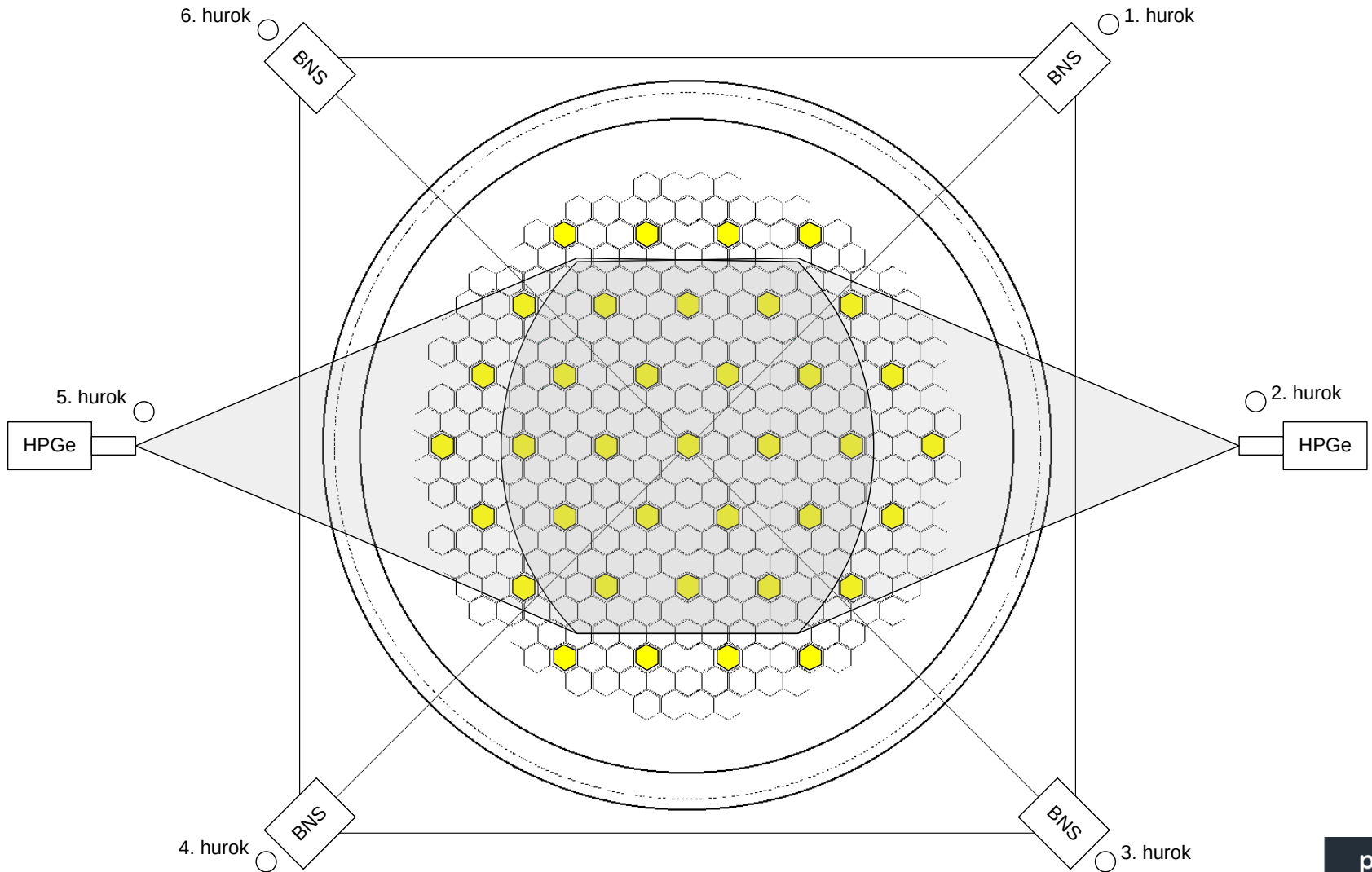
Az aktív zóna BNS-dózisteljesítmény-mérők általi láthatósága



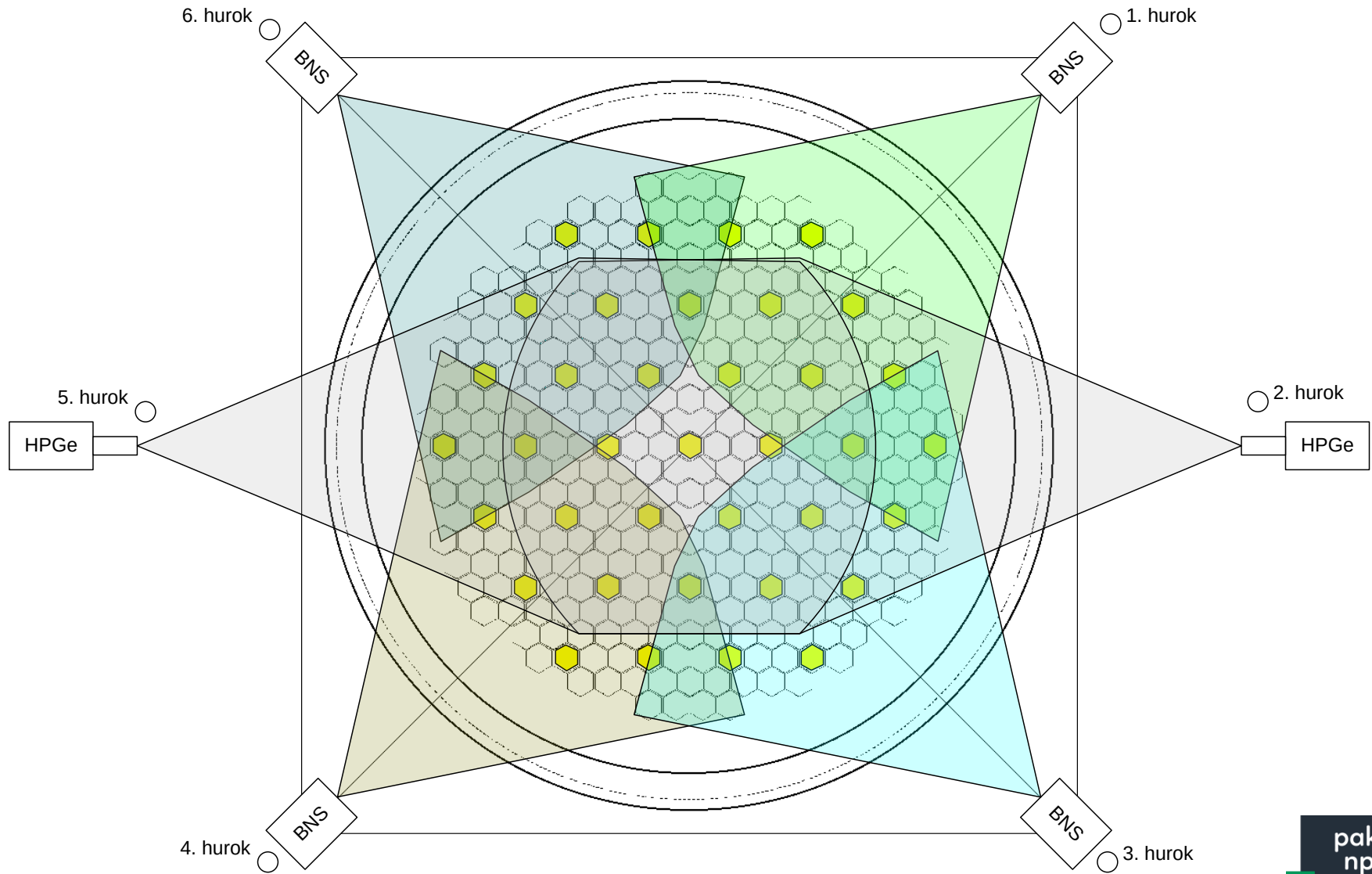
A DET03-as HPGe detektor (2. hurok) csúcsintenzitás-távolság függvénye



Az aktív zóna HPGe gamma-spektrométerek által „látható” régiója



A BNS és HPGe detektorok által lefedett területek

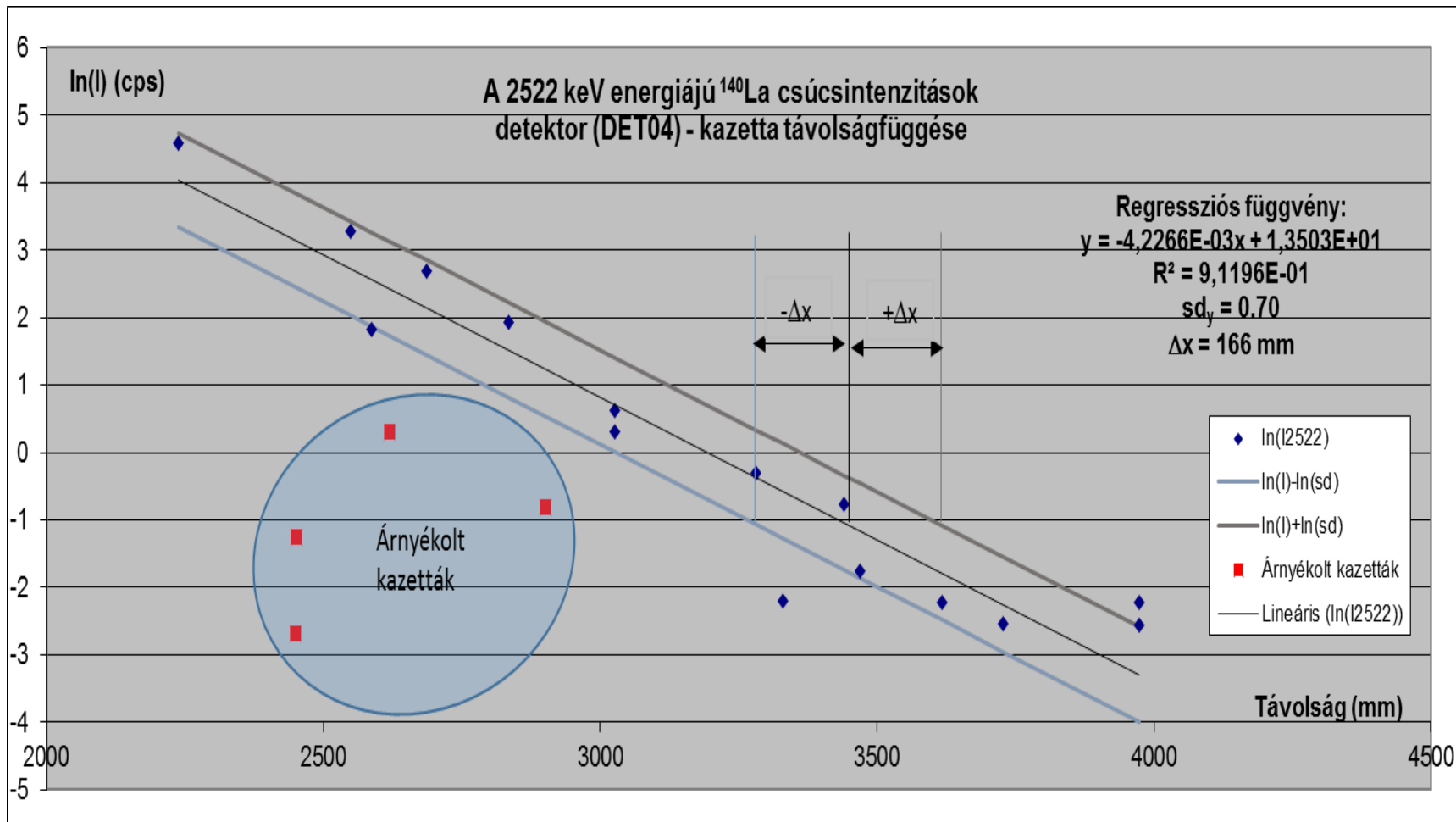


Összefoglalás

- A feltapadás indikátorok esetében már egy műszer effektusa, illetve egy spektrum összintenzitás-növekmény is elég a feltapadás tényének bizonyítására.
- A pozíció meghatározás pontossága az átfedett régiók esetében összemérhető a szomszédos pozíciók közötti távolsággal és a meghatározás kombinált módszerrel történik, az átfedés és a távolság-effektus függvények alapján.
- A mérőrendszer újra kalibrálása sikeres volt. A kapott eredmények alapján az új, 15 hónapos kampányban működő zónában történő valamennyi kazetta feltapadás egyértelműen megállapítható és helyzete megfelelő pontossággal behatárolható.

**Köszönöm a
figyelmet!**

A DET04-as HPGe detektor (5. hurok) csúcsintenzitás-távolság függvénye



Dózisteljesítmény mérők effektusainak kiértékelése

A dózisteljesítmény-mérők adatainak kiértékelése:

- az átrakógép-operátorokkal folyamatosan egyeztetett és pontosított kartogram alapján meghatároztuk az adott effektushoz tartozó idő- és adatintervallumot, vagyis, az **emelési effektushoz tartozó adatpontok számát (n)**;
- az effektus intervallumában a dózisteljesítmény értékekből **átlagot képeztünk (E)** és meghatároztuk a **maximális értéket ($E_{\max}$)**;
- az effektus előtti és utáni **háttér értékekből**, az effektus intervallumának kétszereséből **átlagokat (H_1, H_2)** és **standard deviáció értékeket (sd_1, sd_2)** képeztünk.

A fentiekben meghatározott értékekből különbségeket képeztünk, egyrészt, annak eldöntésére, hogy az adott effektus melyik hurokra telepített műszeren mérhető, másrészt, a kalibráció során felépítendő függvényhez felhasználható értéket kaptunk (ΔP).

Feltapadás kritériuma: az effektus és a háttér különbsége nagyobb, mint az adott háttérhez tartozó standard deviáció háromszorosá.

VCSB monitorozás

kazetta feltapadás indikátorok:

- bármelyik dózisteljesítmény-mérő detektoron mért effektus (függetlenül attól, hogy csak egy, vagy több detektoron jelenik-e meg);
- a gamma-spektrométerek háttérhez viszonyított összintenzitásának szignifikáns növekménye (függetlenül attól, hogy megjelennek-e a ^{140}La csúcsok). A HPGe detektorok méréshatárán a háttérhez viszonyított relatív összintenzitásának növekménye eléri a 20-25%-ot;
- a gamma spektrométerek spektrumában megjelenő szignifikáns ^{140}La csúcsok (1596 és 2522 keV). Ezek kizárólag a feltapadt/emelt kazettákból származnak.

kazetta pozíció meghatározása:

- több detektor egyidejű mérése esetén az átfedett régiók alapján;
- több detektor egyidejű mérése esetén a távolság-effektus függvények alapján;
- az egyes dózisteljesítmény-mérőkhöz közel, az aktív zóna szélén található mintegy 22 kazetta, amelyek bár rendkívül intenzív effektust keltenek a dózisteljesítmény-mérőkön, azonban a többi műszer látómezőjéből kiesnek. Itt csak hozzávetőleges pontosságot várhatunk el.