

A person is working on a drone, which is equipped with various scientific instruments. The drone has a white body with blue accents and a large cylindrical detector mounted on top. The person is sitting at a table, and the drone is on the table. The background shows a tent-like structure.

Drónnal végzett radiológia

felmérés esetén alkalmazható felületi aktivitáskoncentráció kalibrálási módszer fejlesztése

Jónás Jácint⁽¹⁾, Petrányi János⁽¹⁾,
Garai Zoltán⁽¹⁾
(1)GAMMA Zrt.

L. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam

Hajdúszoboszló

2025.04.08.

Szennyezett terület felmérési lehetőségei:

- Mintavétel, labormérés (lassú, csak a pontokról lesz adat, pontos)
- In-situ mérés pontokon (online, csak a pontokról van adat)
- Meander gyalog/drón, in situ (folytonos, online, kevésbé pontos, de a teljes területről információ)

Spektrométer

Gamma+ neutron sugárzás

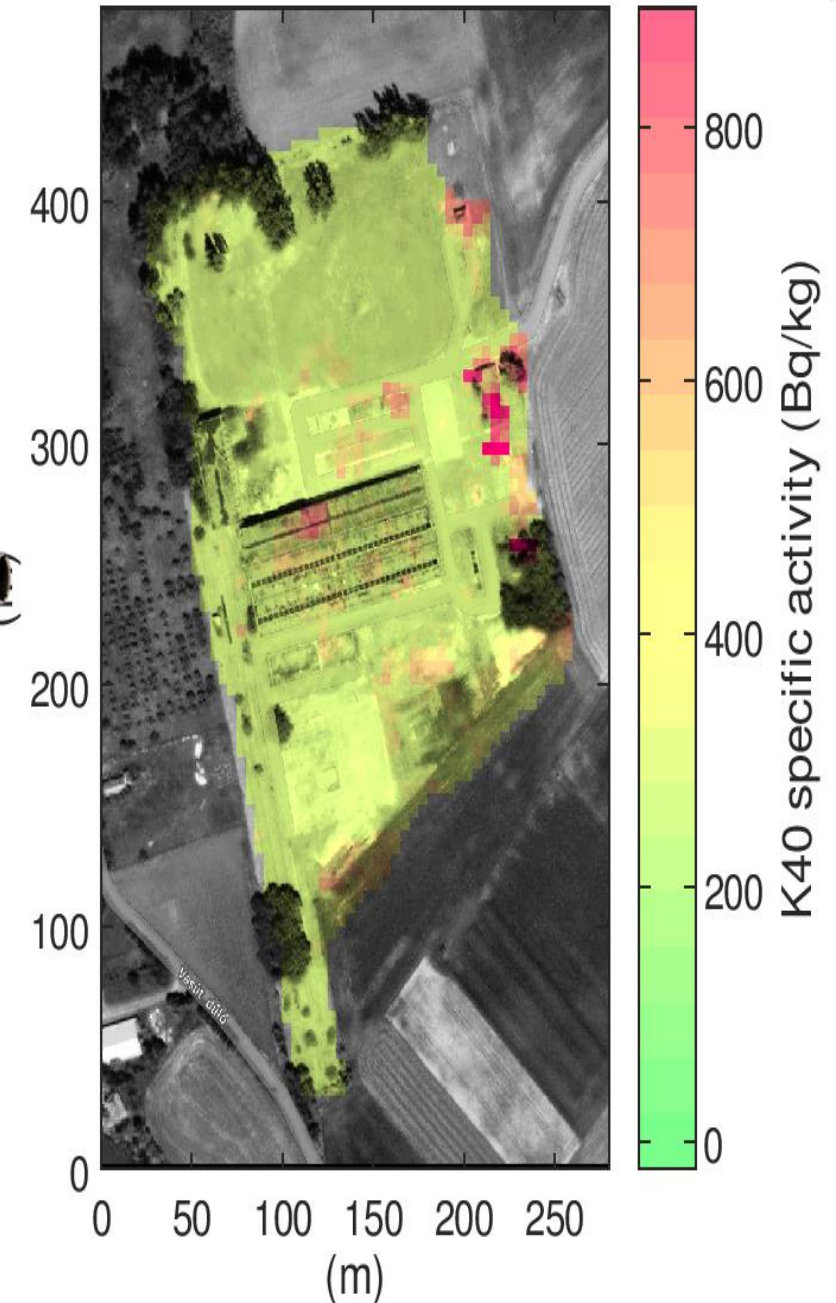
2" x 2" NaI(Tl) + ZnS(Ag)+B-10

- Spektrum
- Azonosított Izotópok
- **Koncentrációk**
- $H^*(10)$ [Sv/h] G(E) spektrumból



G-M cső

- $H^*(10)$ [Sv/h]



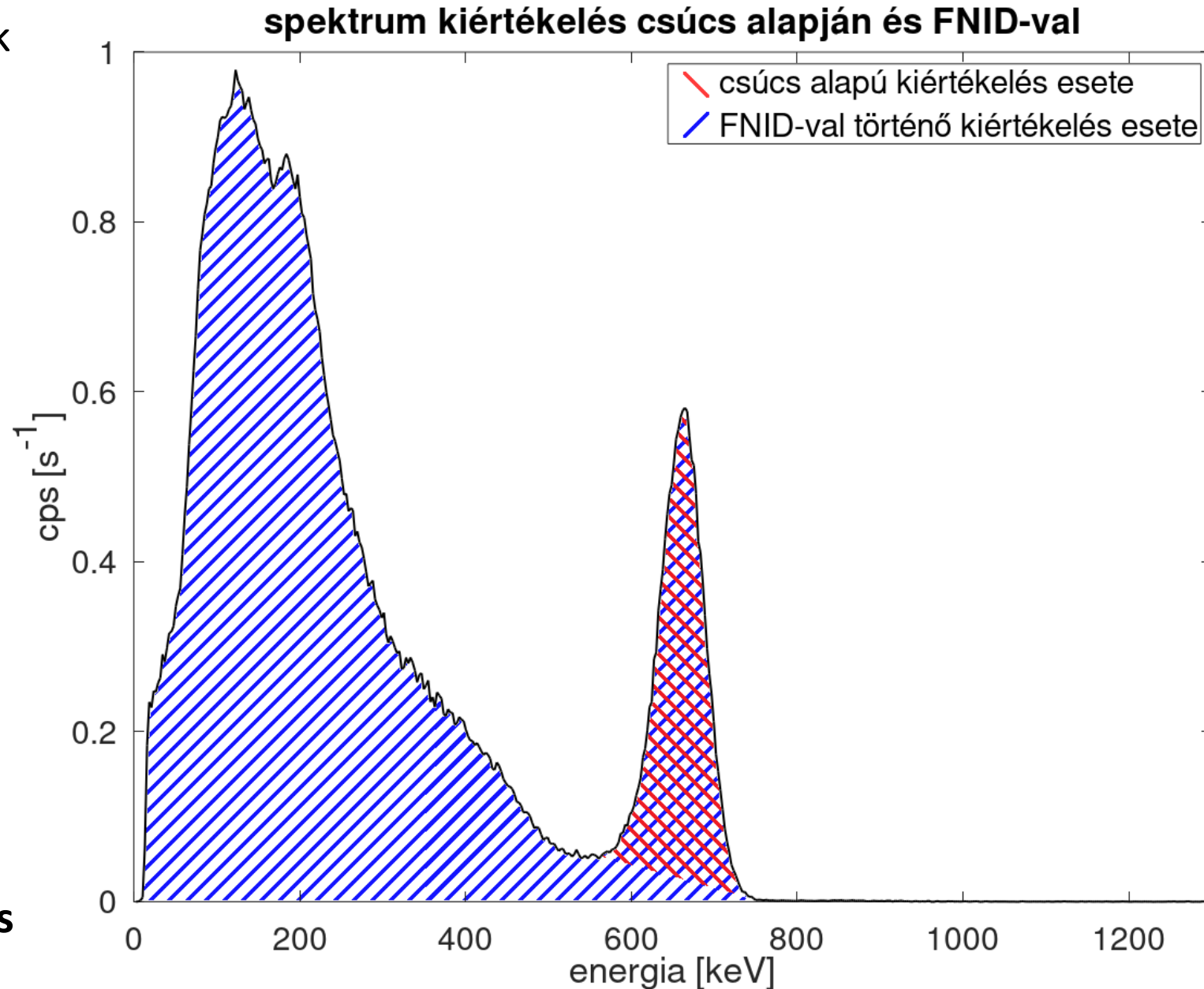
Szennyezettséget jellemző mennyiségek

- $A_{\text{felületi}}$ [Bq/m²]
- $A_{\text{térfogati}}$ [Bq/m³]
- $A_{\text{pontforrás}}$ [Bq]

Aktivitás számítási módszerek:

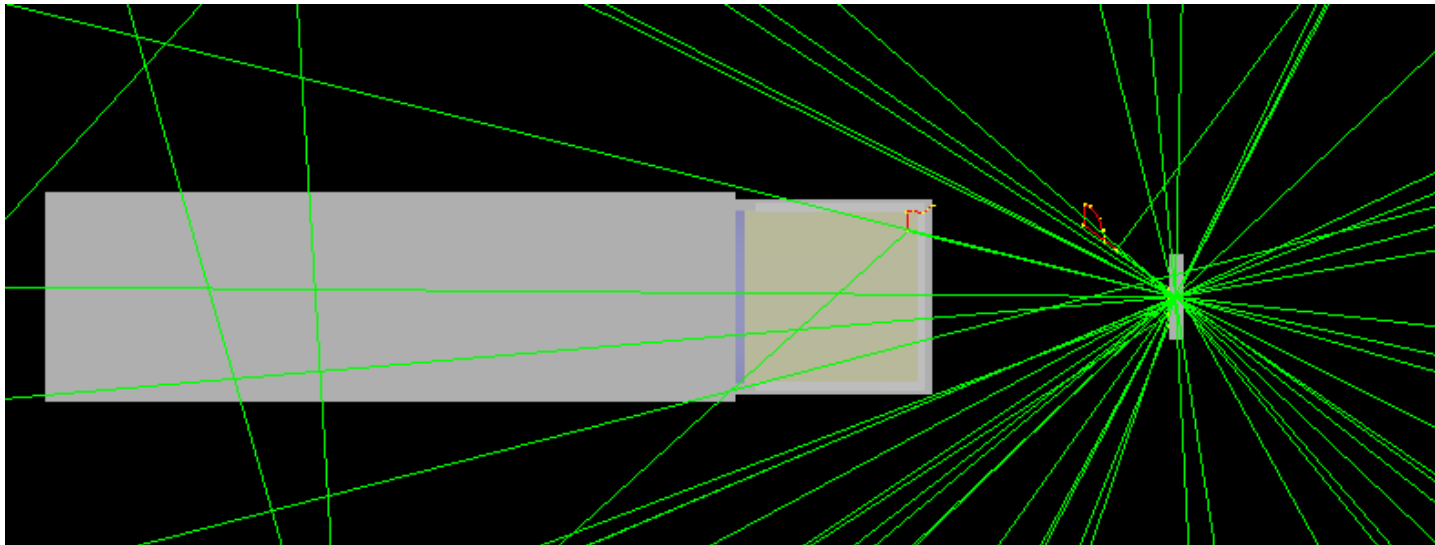
- Csúcs alapú számítás
 - Mérési idővel csökkenő MDA
- FNID alapú számítás
 - Ritkaság elősegítő
 - Zajos spektrumok esetén alkalmazható
 - Multienergia esetén javuló MDA

Kalibrálni mindkét esetben szükséges



Szimuláció

Detektor, forrás és a mérési elrendezés modellezése.
Ismert számú és energiájú gamma foton szimulációja.
A detektorba érkező fotonok száma és energiája alapján
a teljesenergia-hatásfok meghatározása.



Félempirikus

Hatásfok mérése adott geometriában, majd a geometria okozta változás szimulációja.

Mérés

Mérés ismert aktivitással, ebből hatásfok számítás, majd ezen hatásfok visszahelyettesítése a terepen történő mérésbe.

Fontos az azonos geometria.

$$\eta = \frac{N}{t_m \cdot A \cdot k}$$

η : a detektor hatásfoka a forrás vizsgált gamma vonalához tartozó fotonenergián

N : mért impulzusszám

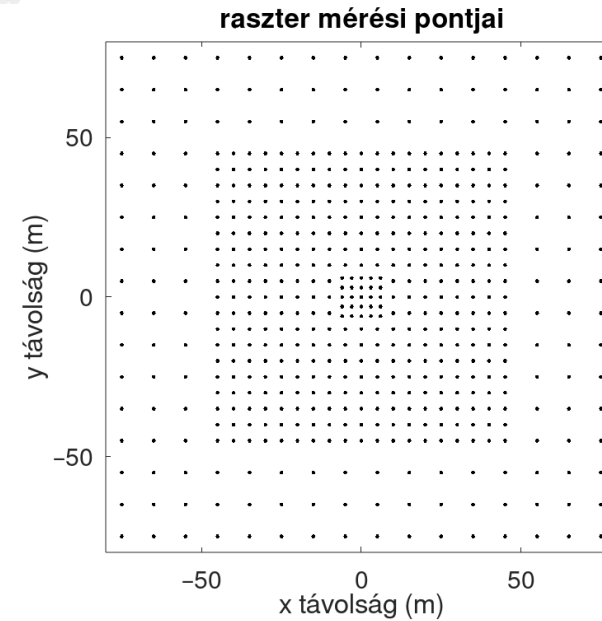
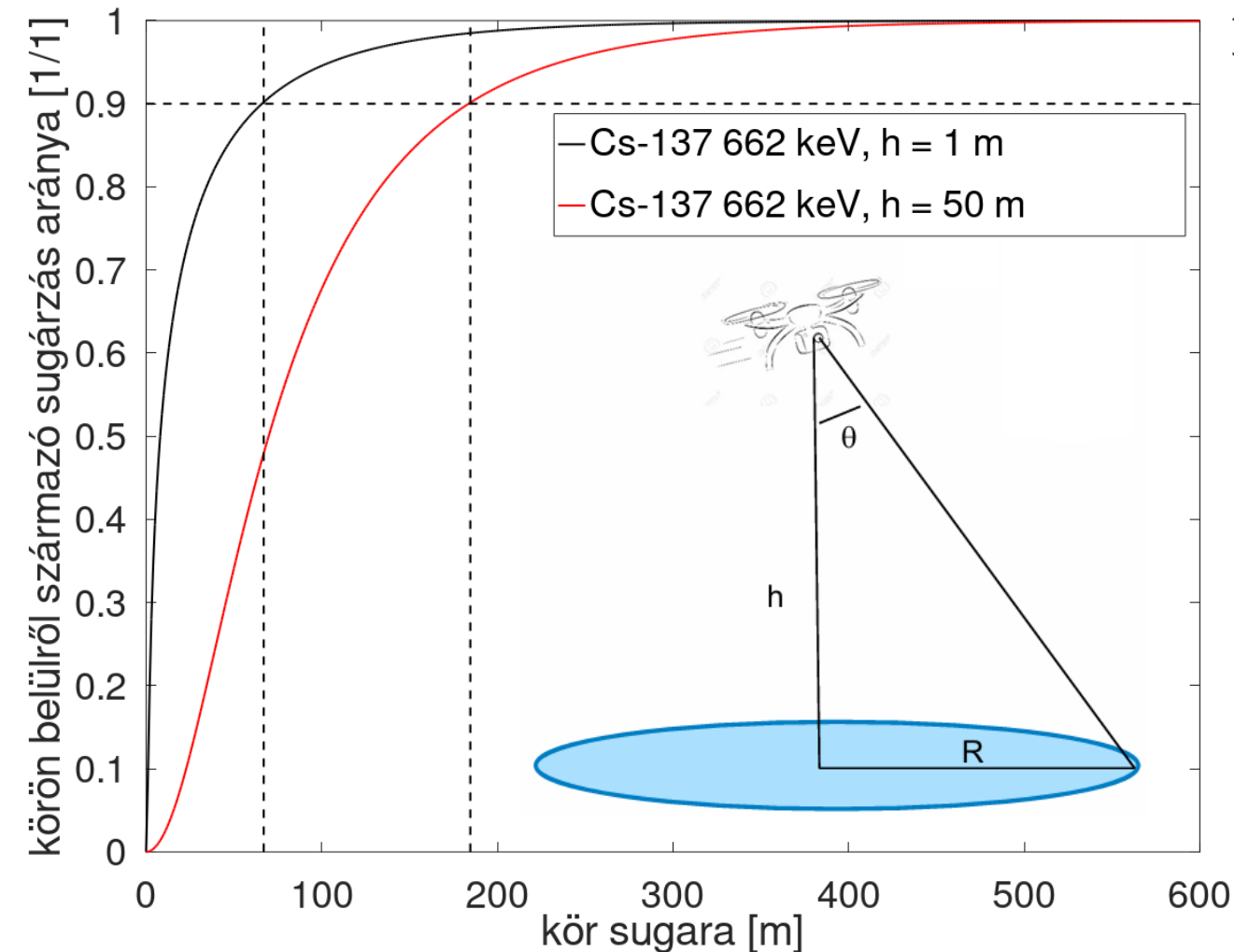
t_m : mérési idő

A : a forrás aktivitása

k : a forrás vizsgált gamma vonalának hozama

Kalibrálási módszerek homogén felületi szennyeződés esetén

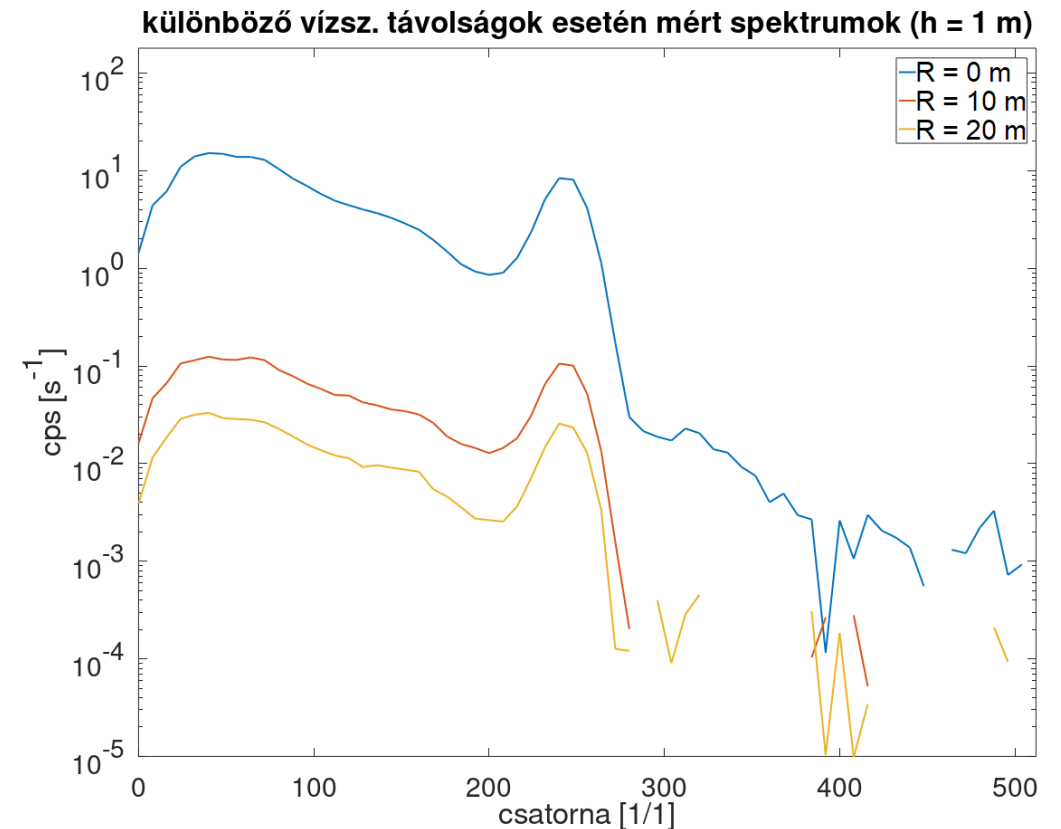
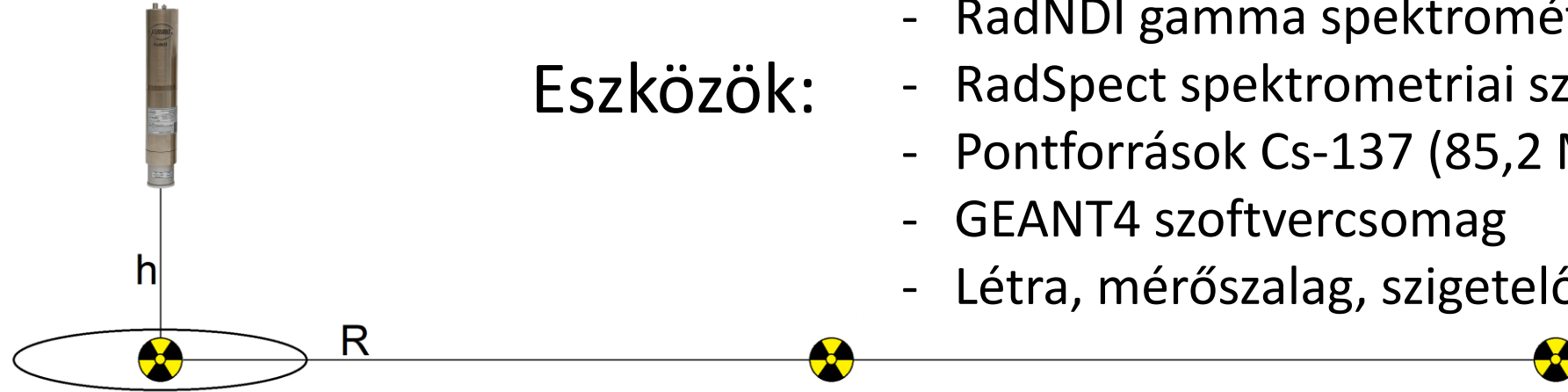
- Természetes képződmények
 - Mesterséges homogén források
 - Pont forrás raszteres pozícióban
 - **Vonalmenti pontforrás kiterjesztése**
- } Ismert aktivitás szükséges



NAÜ projekt: RER 7014 Regional Training Course on In-Situ Characterization of Contaminated Sites with Practical Field Applications
Magyarország Pécs, 2022, Szeptember 12-23

Eszközök:

- RadNDI gamma spektrométer (Gamma)
- RadSpect spektrometriai szoftver (Gamma)
- Pontforrások Cs-137 (85,2 MBq; 1,5 MBq)
- GEANT4 szoftvercsomag
- Létra, mérőszalag, szigetelőszalag



Vonalmenti
spektrumok
mérése

Főkomponens
analízis

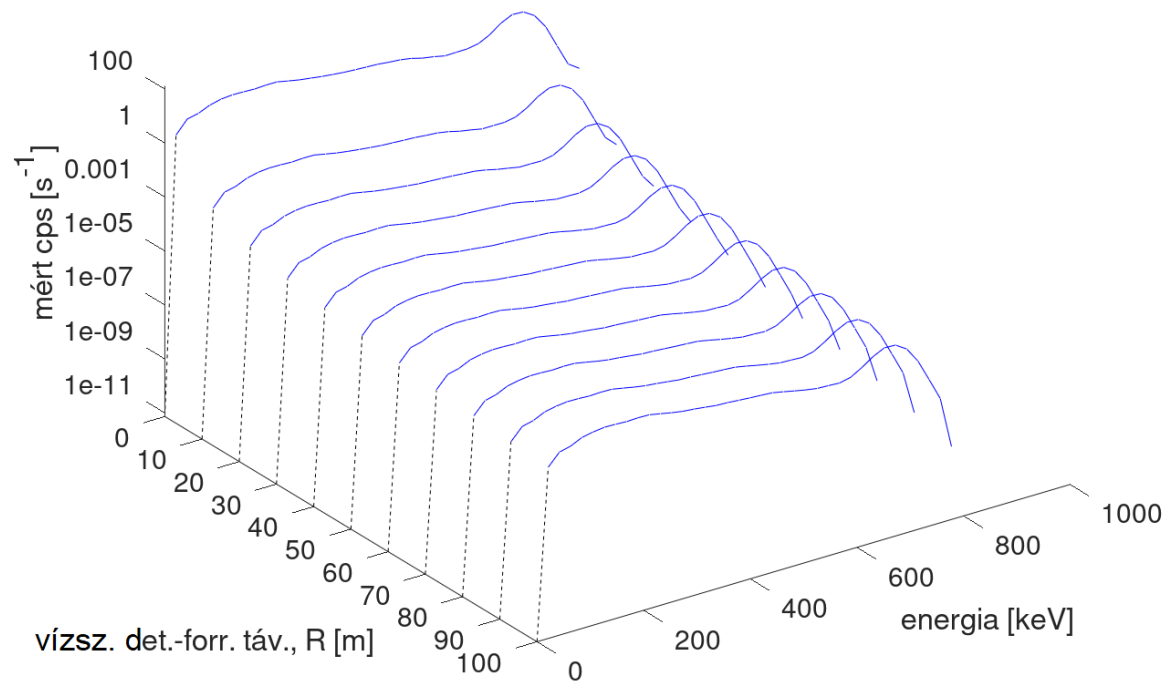
Távolságfüggés
meghatározása

Spektrumok
folytonos sugármenti
meghatározása

Számított és mért
spektrumok
összehasonlítása

Iteráció

mért Cs-137 spektrumok R függvényében, $h = 1$ m



R

Vonalmenti
spektrumok
mérése

Főkomponens
analízis

Távolságfüggés
meghatározása

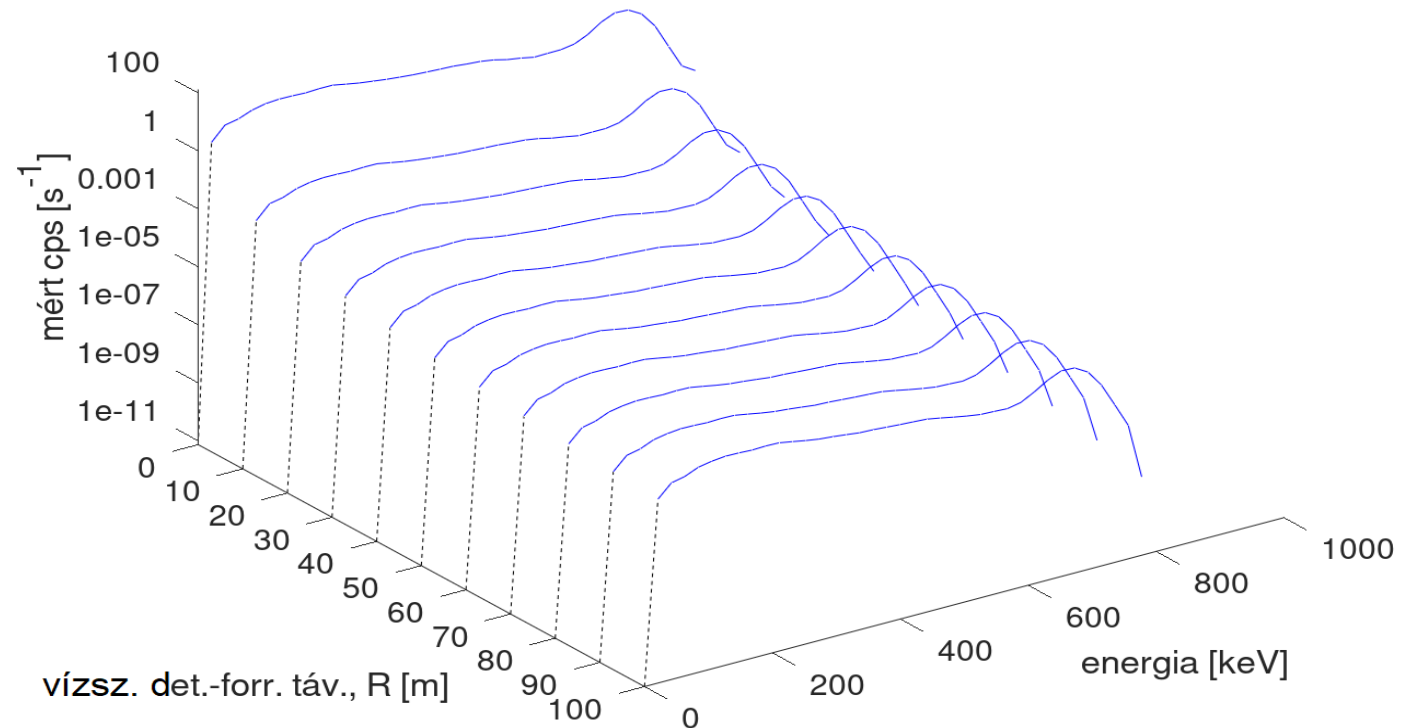
Spektrumok
folytonos sugármenti
meghatározása

Számított és mért
spektrumok
összehasonlítása

Iteráció

mért Cs-137 spektrumok R függvényében, $h = 1$ m

A mért spektrumokat a változást legjobban megadó spektrum komponensekre (főkomponensekre) bontjuk. Meghatározzuk, hogy a mért spektrumok milyen arányban tartalmazzák az egyes főkomponenseket.



Spektrumok inter és szuperpolációja

Vonalmenti
spektrumok
mérése

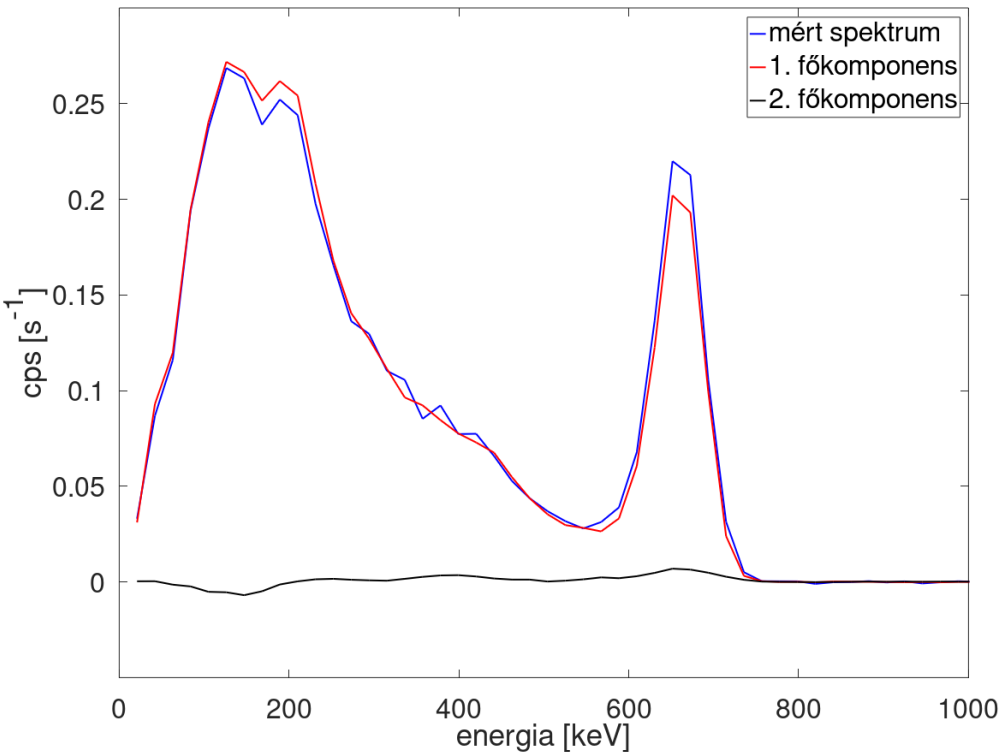
Főkomponens
analízis

Távolságfüggés
meghatározása

Spektrumok
folytonos sugármenti
meghatározása

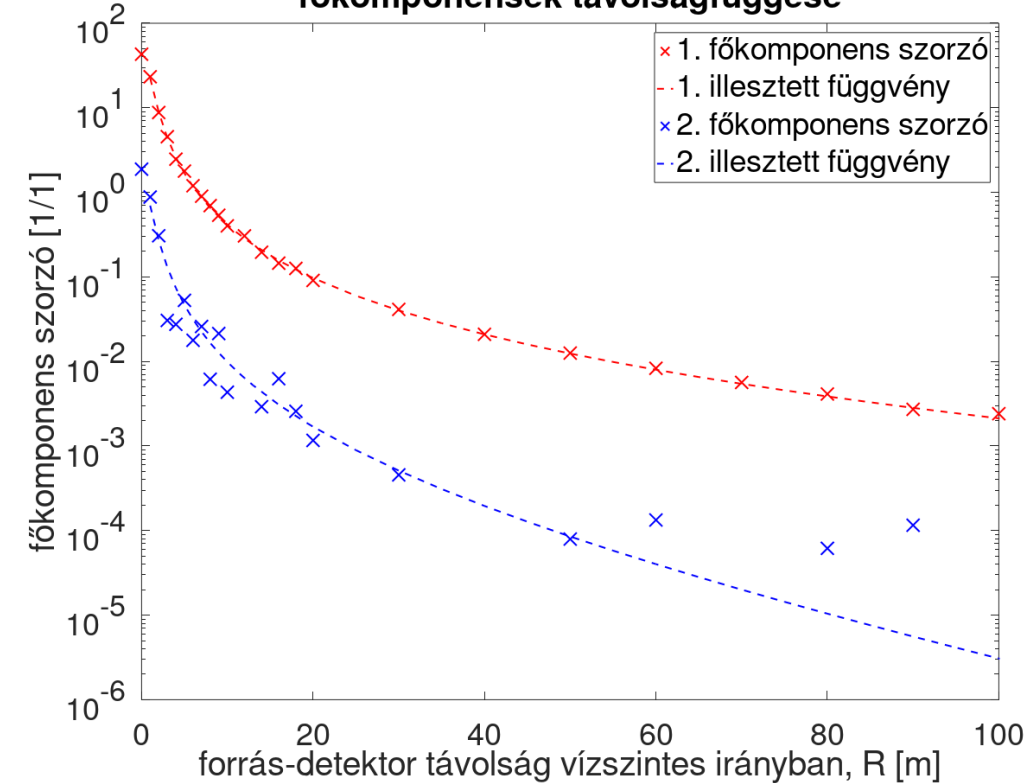
Számított és mért
spektrumok
összehasonlítása

mért spektrum főkomponensekre bontva ($h = 1$ m, $R = 7$ m)



Iteráció

főkomponensek távolságfüggése



Spektrumok inter és szuperpolációja. A komponensek arányainak a távolságfüggésének illesztésével tetszőleges távolság esetén mért/számított spektrum kikeverhető.

Vonalmenti
spektrumok
mérése

Főkomponens
analízis

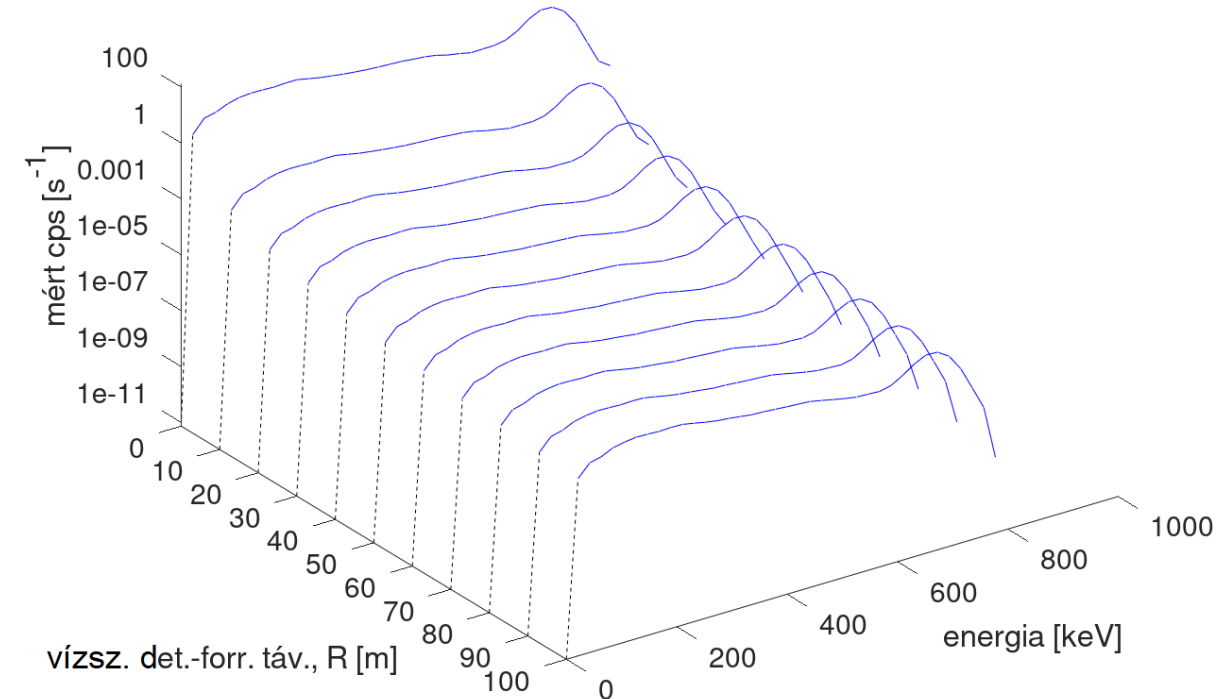
Távolságfüggés
meghatározása

Spektrumok
folytonos sugármenti
meghatározása

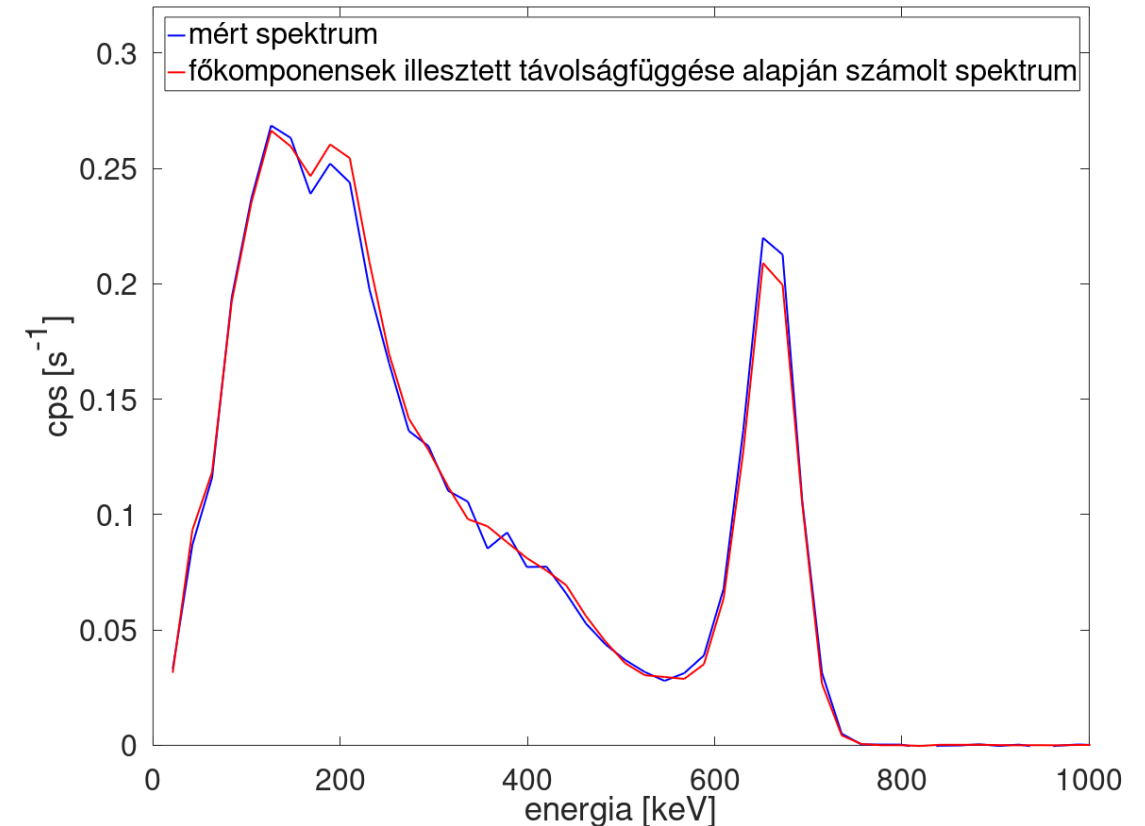
Számított és mért
spektrumok
összehasonlítása

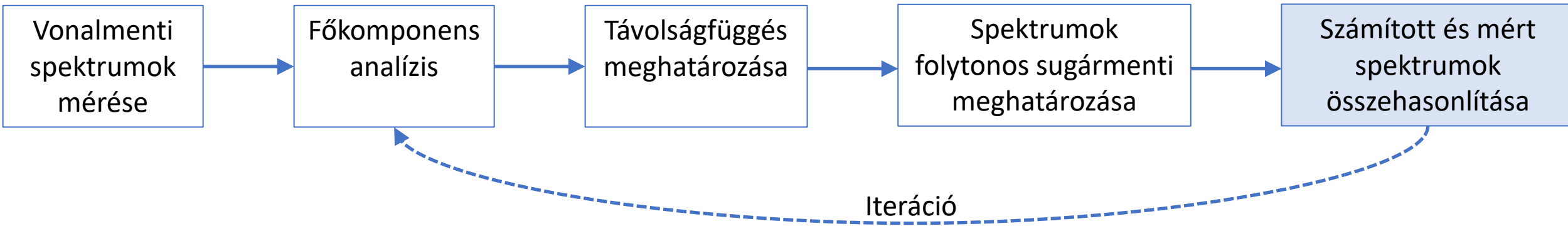
Iteráció

mért Cs-137 spektrumok R függvényében, $h = 1$ m



mért és főkomponens analízissel számolt spektrum ($h = 1$ m, $R = 7$ m)





$$SD = \sqrt{\sum_i (Sptn1_i - Sptn2_i)^2}$$

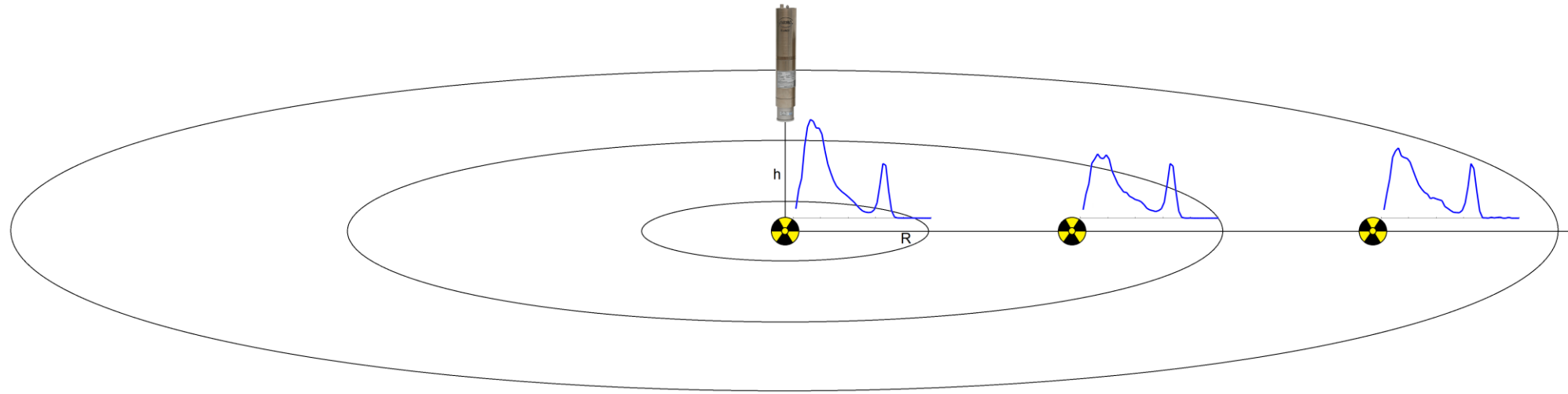
$$SD = \sqrt{\sum_i (Sptn1_i - Sptn2_i)^2}$$

$$Sptn1_i = \frac{Spt1_i}{\sum Spt1}$$

$$Sptn2_i = \frac{Spt2_i}{\sum Spt2}$$

Spektrum távolság
SD=0,009

A kikevert spektrumokat összehasonlítjuk a mért spektrumokkal. A felbontás, és távolságfüggés során alkalmazott függvényeket, paramétereket szükség esetén módosítjuk



- Vonal mentén mért spektrumok kiterjesztése és összegzése:
- A mért nettó spektrumok összegzése, a hozzájuk tartozónak tekintett területrészek méretével súlyozva.

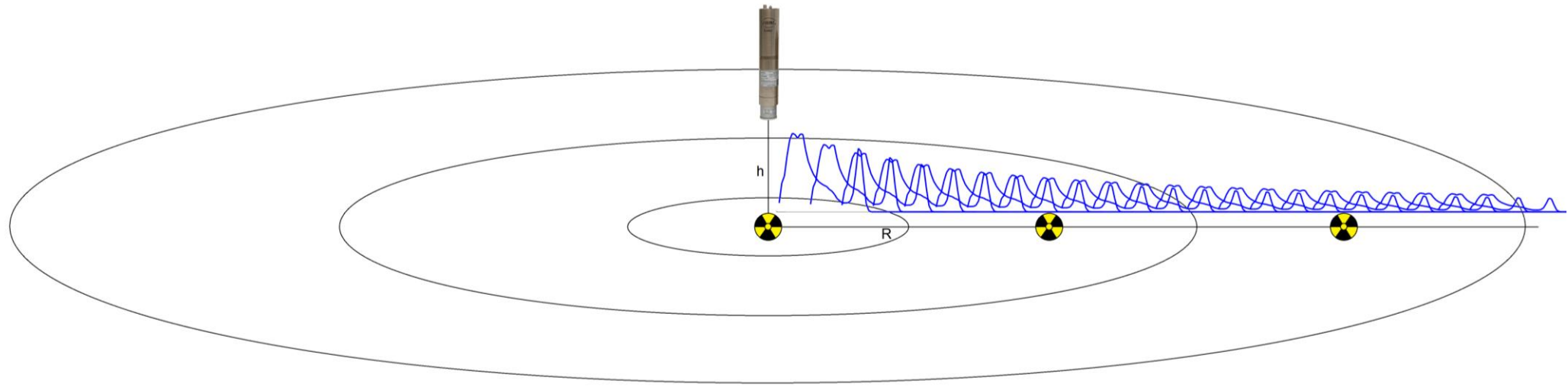
$$Spt_A = \sigma \cdot \sum_{i=1}^N Spt_i \cdot a_i$$

Spt_A : a detektor pozíciójában kialakuló területi spektrum (Véges területre vonatkozik)

Spt_i : az i. mért, egységnyi forrás aktivitásra normált nettó spektrum,

a_i : az i. forrás pozícióhoz tartozó területrész,

σ : egységnyi felületi aktivitás



- Folytonos eset:
- A spektrumokból főkomponens analízissel meghatározunk több főkomponenst, amelyek távolságfüggését meghatározzuk. Ha a spektrum távolságfüggése 1 főkomponenssel is kellő pontossággal megadható, akkor a területi spektrum a következő képlettel számolható (egyféle izotópösszetételű forrás esetén):

$$Spt_A = 2\pi\sigma \cdot h^2 \cdot k_1 \cdot Ei(\mu_1 \cdot h) \cdot PC_1$$

Spt_A : a detektor pozíciójában kialakuló területi spektrum („végtelen” területre vonatkozik)

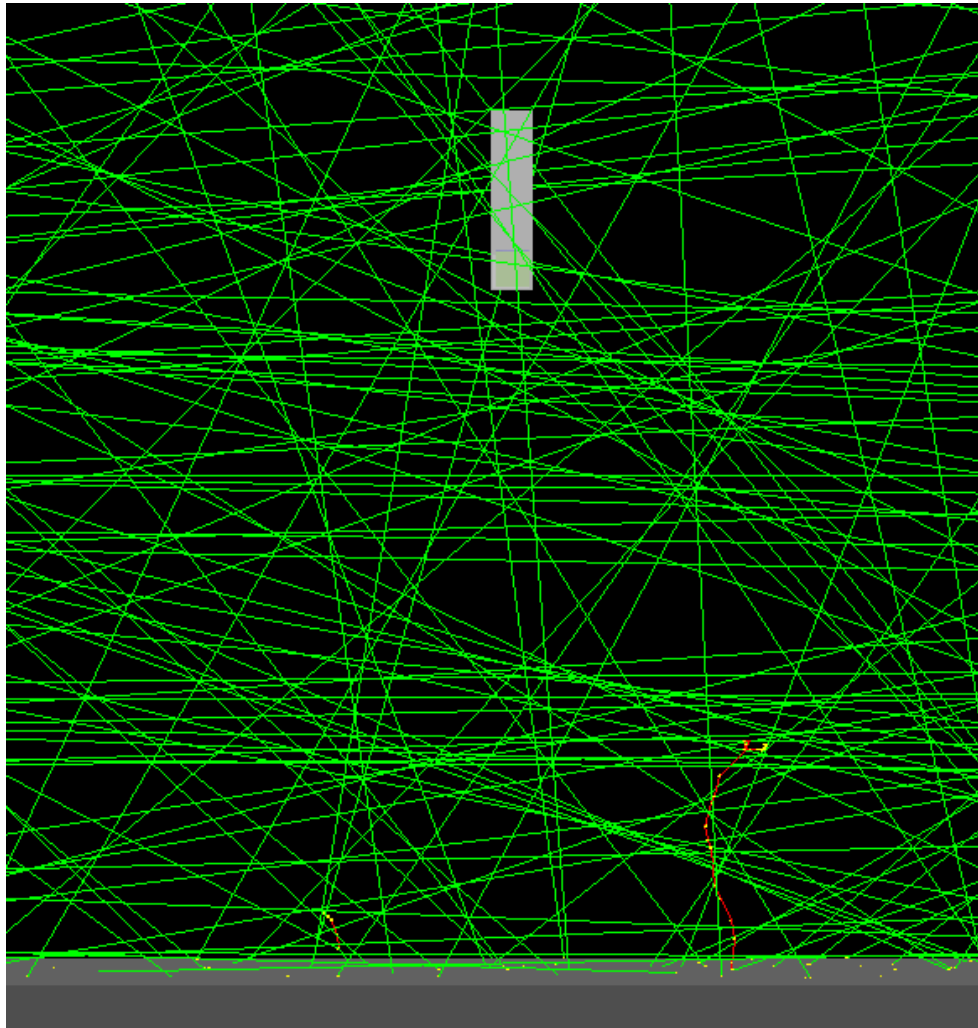
σ : egységnyi felületi aktivitás

h : detektor földfelszín feletti magassága

k_1 és μ_1 : főkomponens távolságfüggésének illesztési paraméterei

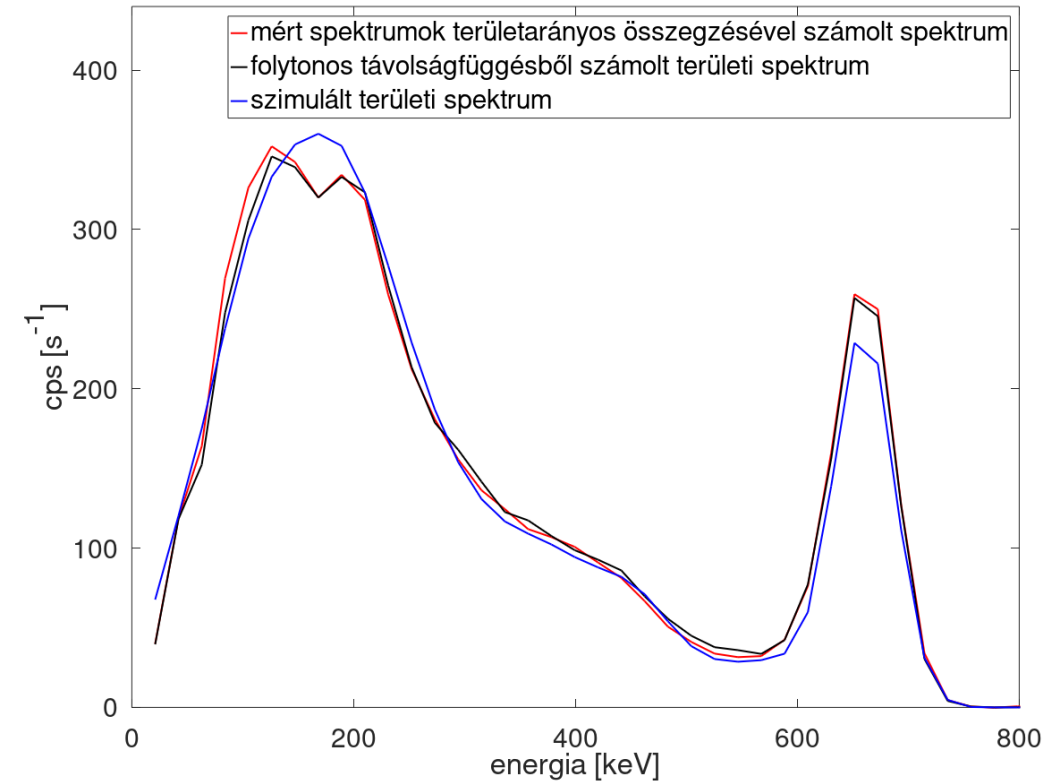
Ei : exponenciális integrál függvény

PC_1 : főkomponens spektrum



Futási idő felületi Cs-137 esetén cca 1 hét

szimulált és mérésekből számolt 1 MBq/m^2 Cs-137 spektrumok, $h = 1 \text{ m}$



Spektrum távolságok:

Mérésekből összegzett és folytonos számolt:

SD = 0.007

Mérésekből összegzett és szimulált:

SD = 0.019

Folytonos számolt és szimulált:

SD = 0.015

- Kidolgoztunk egy nagy területen alkalmazható felületi aktivitás kalibrációt
- A kidolgozott módszer jelentősen gyorsabb mint a korábban alkalmazottak
- A módszer figyelembe veszi a terület geometriai sajátosságait (növényzet, felület tagolása, domborzat)
- A módszer drónnal/gyalog végzett felmérések esetén is alkalmazható

*A kutatás a
2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00065 és a
2024-1.1.1-KKV_FÓKUSZ-2024-00076
számú projektek támogatásával valósult meg.*



INTELLIGENT SCINTILLATION DETECTOR



MAIN FEATURES

- PERFORMING USE MEASUREMENT T/ PROGRAMMABLE
- RADIONUCLIDE ID FEATURES
- DOSE RATE MEASUR
- AMPLITUDE SPECTRUM 4096 CHANNELS
- IP68 PROTECTION FOR OUTDOOR USE
- ANSI/IEEE N42.42-202 COMPLIANT DATA FORM



FIELDS OF AP

- ALPHA- R

RADIATION PORTAL MONITORS



WIDE RANGE OF AVAILABLE
DETECTOR UNIT DESIGNS TO MEET
YOUR SPECIAL REQUIREMENTS
FOR CHECKING:
• VEHICLES
• TARGETS
• PERSONS
• PACKAGES
• CONVEYOR BELTS, ETC.

• OPTIMIZED SODIUM IODIDE
DETECTORS FOR ENERGY
SELECTIVE MEASUREMENT TO
DISTINGUISH BETWEEN NATURAL
AND INDUSTRIAL SOURCES

• SOLUTIONS FOR
INTEGRATED

• SYSTEM

• LOGGING

• NOTE

• MORE INFORMATION:
• VISITATION

• WWW.GAMMA-DETECTORS.COM

• CONTACT: +36 20 931 1111

• EMAIL: info@gamma-detectors.com

• ADDRESS: 1125 Budapest, Hungary

• PHONE: +36 20 931 1111

• FAX: +36 20 931 1112

• WEBSITE: WWW.GAMMA-DETECTORS.COM

• CONTACT: +36 20 931 1111

• EMAIL: info@gamma-detectors.com

• ADDRESS: 1125 Budapest, Hungary

Köszönjük a figyelmet