

## Néhány megjegyzés az üreges félvezető detektorok radioanalitikai alkalmazásához

Bódizs Dénes, Jarosievitz Beáta, Molnár Zsuzsa, Zagvai Péter

*BME Nukleáris Technikai Intézet*

A környezeti minták radioaktivitásának mérésére alkalmazott fúrtlyukas ("well") és koaxiális félvezető detektorok eltérő felépítése lényeges mérés-technikai különbségeket eredményez. Összehasonlító mérések alapján bemutatjuk a "well" detektorok előnyös tulajdonságait: hatásfokuk nagy, kényelmes és nem kritikus a forrás pozicionálása. Ugyanakkor az energiafelbontás gyengébb, mint a kompakt detektoroké, továbbá speciális problémák adódnak a hatásfok meghatározásában. Természetes radioaktivitás mérése során is szükséges a detektorban fellépő valódi koincidenciák figyelembevétele. A detektorok minősítésének általános szempontjaként adatokat közlünk a "well" és Marinelli geometriában elérhető, radioaktív koncentrációban kifejezett kimutatási érzékenységekről.

### NOTES ON THE RADIOANALYTICAL APPLICATION OF WELL-TYPE SEMICONDUCTOR DETECTORS

The structural diversity of well-type and coaxial semiconductor detectors results in significant differences in their measuring properties. Advantageous features of well-type detectors (high efficiency and suitable, insensitive positioning) are presented on the basis of comparative measurements. On the other hand, energy resolution is poorer than that of the compact detectors, and specific problems may be encountered with determination of counting efficiency. Attention should be paid to true coincidence events in well-type detectors when measuring natural environmental radioactivity. As a general criterion of qualification, results are presented on detection sensitivities in terms of radioactivity concentrations, characteristic of well-type and Marinelli geometry.

### Bevezetés

Az utóbbi években a félvezető detektorok fejlesztése során kialakították az üreges szcintillációs detektorokhoz hasonló üreges (ún. "well" típusú), nagy tisztaságú Ge detektorokat.

Intézetünkben mintegy 3 éve használunk ilyen típusú detektort. Eddigi tapasztalataink alapján, a következőkben néhány fontosnak ítélt mérés-technikai aspektusra kívánjuk a figyelmet felhívni.

Az üreges és koaxiális félvezető detektorok eltérő felépítése lényeges mérés-technikai különbségeket eredményez.

Dolgozatunkban összehasonlítjuk az üreges és a koaxiális félvezető detektorok néhány fontos mérés-technikai jellemzőjét.

### Mérőberendezések:

Az összehasonlító méréseket a következő gamma-spektrométerekkel végeztük:

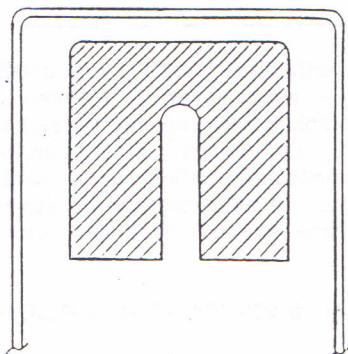
- a) HP Ge üreges típusú detektor (CANBERRA), relatív hatásfok: 20.5%, energia-felbontás: 1.95 keV, spektroszkópiai erősítő: CANBERRA 2020, analízátor CANBERRA S-100.
- b) HP Ge valódi koaxiális POP-TOP detektor (ORTEC), relatív hatásfok : 25.7%, energia felbontás: 1.92 keV, spektroszkópiai erősítő: ORTEC 572, analízátor: CANBERRA-NUCLEAR DATA AccuSpec B.

A spektrumok kiértékelése SAMPO 90 (CANBERRA) software-rel történt.

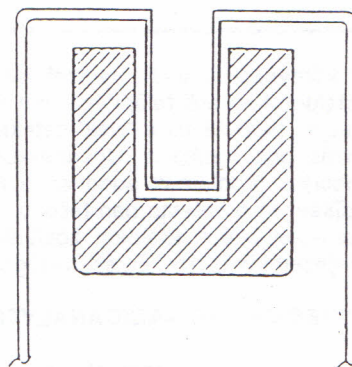
### Hatásfok, energiafelbontás

A HP Ge "well" típusú detektorokkal (2. ábra) közel 4 $\pi$  mérési geometria valósítható meg, ami a valódi koaxiális HP Ge detektorhoz (1. ábra) képest a hatásfokot megnöveli.

Az üreges detektor felületi rétege mintegy ezerszer vékonyabb, mint a valódi koaxiális detektoré. Ez az oka annak, hogy az üreges detektorok küszöbérzékenysége, 10-15 keV míg a koaxiális detektoroké általában nagyobb, mint 50 keV.



1. ábra  
HP Ge valódi koaxiális detektor geometriája  
Geometry of HP Ge "POP-TOP" coaxial detector



2. ábra  
HP Ge üreges ("well")detektor geometriája  
Geometry of HP Ge "well- type" detector

A "well" típusú detektornál az elektromos kontaktusok közötti távolság kisebb, mint a koaxiális detektornál, ennek következtében a detektor-kapacitás nagyobb, ami az elektronikus zaj növekedéséhez vezet. Ezért az üreges detektorokkal elérhető energiafelbontás általában valamivel rosszabb, mint a hasonló paraméterekkel rendelkező koaxiális detektoroké.

### Valódi koincidenciák

Az üreges típusú detektornál a valódi koincidenciák gyakran megnehezítik a pontos mennyiségi kiértékelést. Ez az effektus olyan radioaktív atommagok mérése során lép fel, amelyek magszerkezetük következtében ún. kaskád bomlóak, azaz két vagy több gamma kvantum emissziója a detektor felbontási idején belül követi egymást.

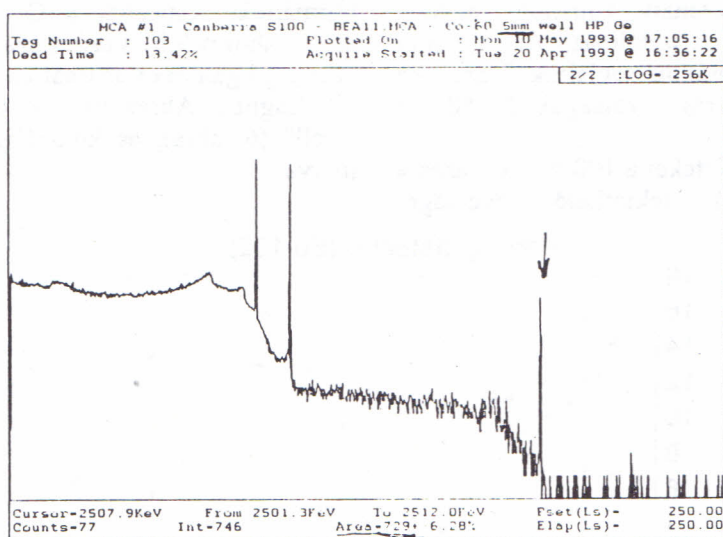
Méréstechnikai szempontból ez azt jelenti, hogy a gamma-spektrumban az egyes gamma fotonok energiájának megfelelő teljesenergia csúcsokból kimaradnak a kaskád egy másik vonalával koincidens fotonoktól származó impulzusok, és

ehelyett megjelenik egy "új" teljesenergia csúcs a két vonal összegének megfelelő energiánál. Ez az effektus a sugárforrás és detektor közti távolság csökkenésével, és a totális hatásfok növekedésével erősödik, és a véletlen koincidenciával ellentétben, független a számlálási sebességtől.

A fenti jelenség jól illusztrálható, ha "well" típusú félvezető detektorral, Co-60 sugár-forrásról gamma-spektrumokat készítünk különböző forrás-detektor távolságokból.

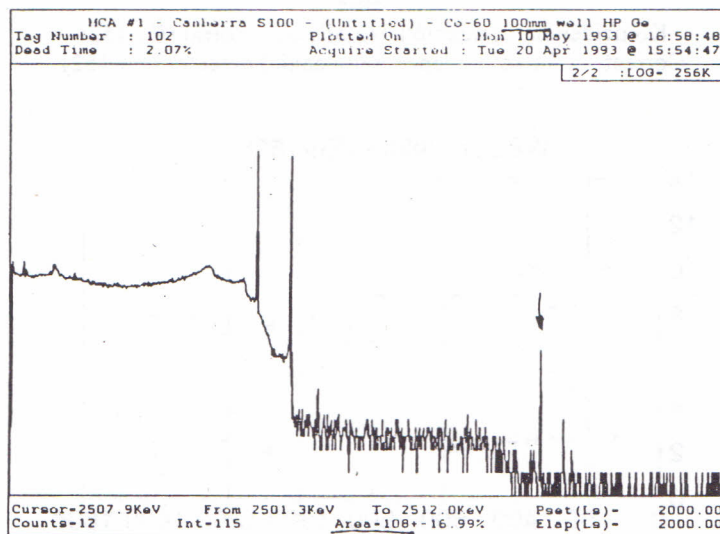
A 3. ábrán látható spektrum esetében a forrás-detektor távolság 100 mm, a 4. ábra spektrumánál pedig 5 mm volt.





3. ábra

Teljesenergiacsúcs gammaspektrumban 100 mm távolságnál, well detektorban  
 Coincidence peak of  $\gamma$ -spectrum in well detector at 100 mm distance



4. ábra

Teljesenergia csúcs gammaspektrumban 5 mm távolságnál, well detektorban  
 Coincidence peak of  $\gamma$ -spectrum in well detector at 5 mm distance

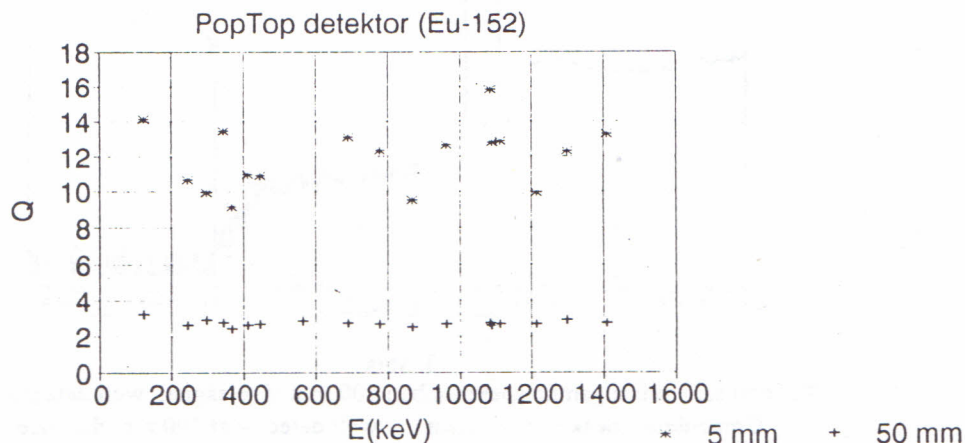
A mérési időket úgy választottuk meg, hogy az 1333 keV-es csúcs területe a két spektrumban közel azonos legyen. Megfigyelhető, hogy a Co-60 két gamma energiájának összegénél, 2506 keV-nél megjelenő csúcs az 5 mm-es távolságnál lényegesen intenzívebb. (Az impulzusszám logaritmikus léptékű!) Ha a koincidenziás csúcsok területéből aktivitás koncentrációt akarunk számítani,

korrekciót kell alkalmazni, mely a valódi koincidenziák természetéből eredően izotóp- és detektorfüggő. Annak eldöntésére, hogy mikor van erre a korrekcióra szükség, egy viszonylag egyszerű módszer alkalmazható. Méréseket végeztünk Eu-152 sugárforrással, egyre növekvő detektor-forrás távolság mellett. Az Eu-152 -ről közismert, hogy spektruma számos valódi koincidenziát mutató

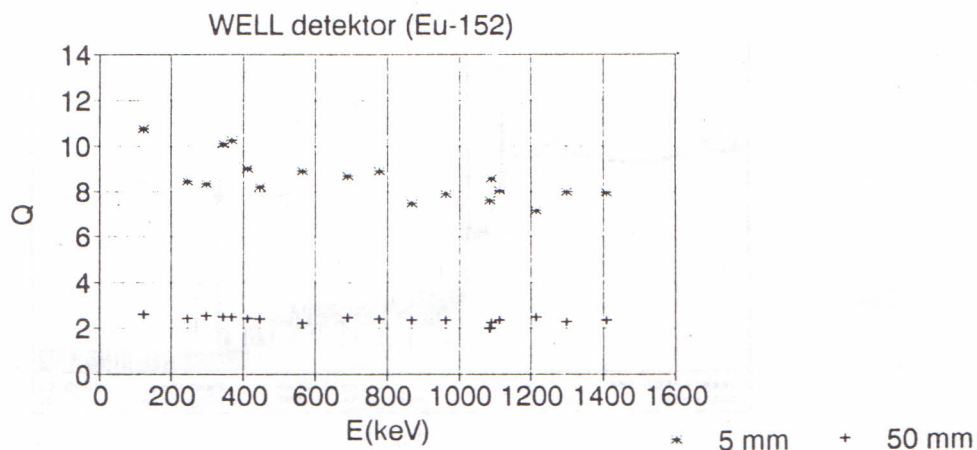
vonulat és ugyanakkor intenzív, koincidenziát nem mutató gamma-vonalat is tartalmaz. Az eredményeket az 5. és a 6. ábrákon foglaltuk össze. Az alkalmazott detektor forrás távolságok 5, 50, és 100 mm voltak.

A teljesenergiacsúcs területeket a 100 mm-es, azaz a koincidenzia mentesnek tekinthető távolságra

normáltuk. Képeztük a  $Q = (n(E, h))/n(E, 100)$  arányt ahol  $n(E, h)$  a csúc számlálási sebessége az E energiájú gamma vonalnál és  $h=5$  mm ill.  $h=50$  mm távolságnál. Ábrázoltuk a  $Q = f(E)$  függvényt. "well" (6. ábra), és koaxiális (5. ábra) detektorral mérve.



5. ábra  
Koincidenzia korrekció koaxiális detektorral (Eu-152)  
Correction for coincidence with coaxial detector (Eu-152)



6. ábra  
Koincidenzia korrekció üreges detektorral (Eu-152)  
Correction for coincidence with "well-type" detector (Eu-152)

Az ábrákon látható, hogy a  $h=50$  mm-es távolságon a 100 mm-re vonatkoztatott intenzitásarány közelítőleg energiafüggetlen. Ez azt jelenti, hogy a koincidenziák még itt sem jelentősek. Ezzel szemben a  $h = 5$  mm-es távolságnál a csúcsterület-arányok jelentős szórását láthatjuk a koincidenziák következtében.

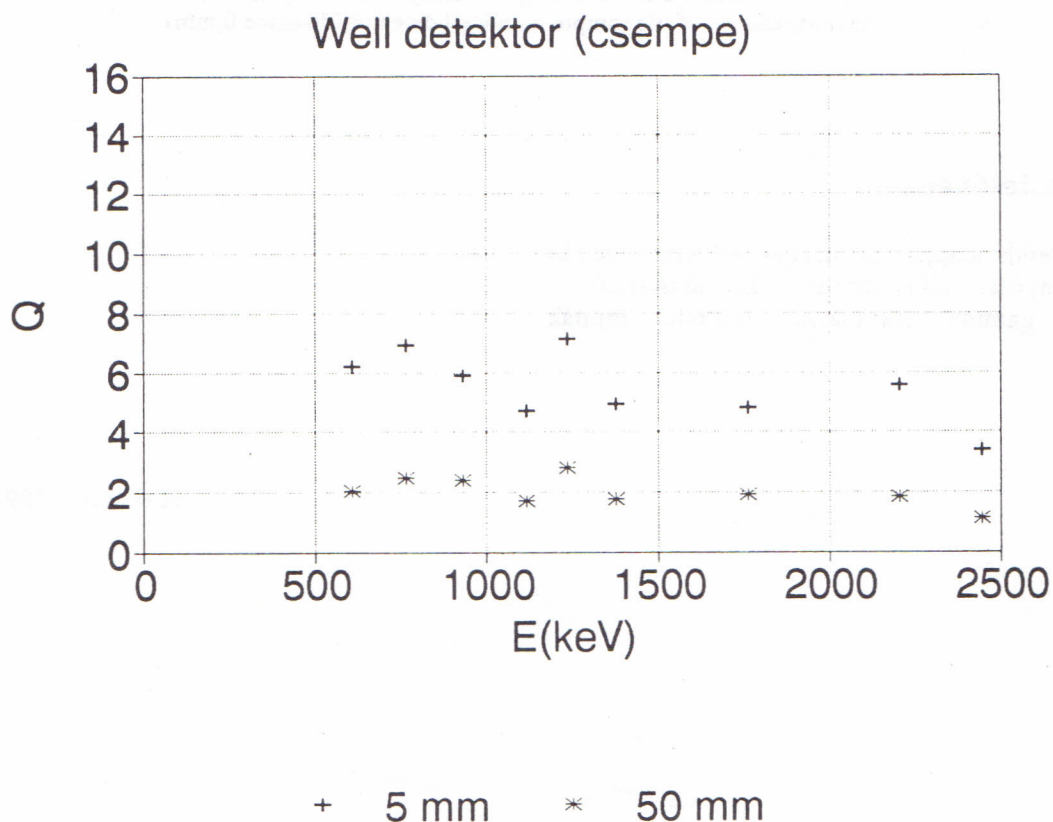
Ezzel az egyszerű eljárással eldönthető, hogy egy vonalas spektrum esetében milyen energiájú csúcsok területeiből lehet a kiértékelést bonyolult vagy különleges méréstechnikai elemeket igénylő koincidenzia korrekció nélkül elvégezni.

### Érzékenység

Az üregre vonatkozó hatások hozzávetőlegesen egy nagyságrenddel nagyobb, mint a Marinelli geometriában. Ez azonban nem jelenti azt, hogy az alacsony aktivitású mintákat minden esetben célszerű az üregben mérni. Marinelli edényben nagymennyiségű homogén vizsgálati anyagnál a radioaktív koncentrációra vonatkozó érzékenység akár egy nagyság-renddel is jobb lehet, éppen a nagyobb minta-mennyiség következtében. Kis gamma energiáknál fokozottabban kell figyelembe venni a mintában bekövetkező önabszorpciót.

### Természetes radioaktivitás mérése

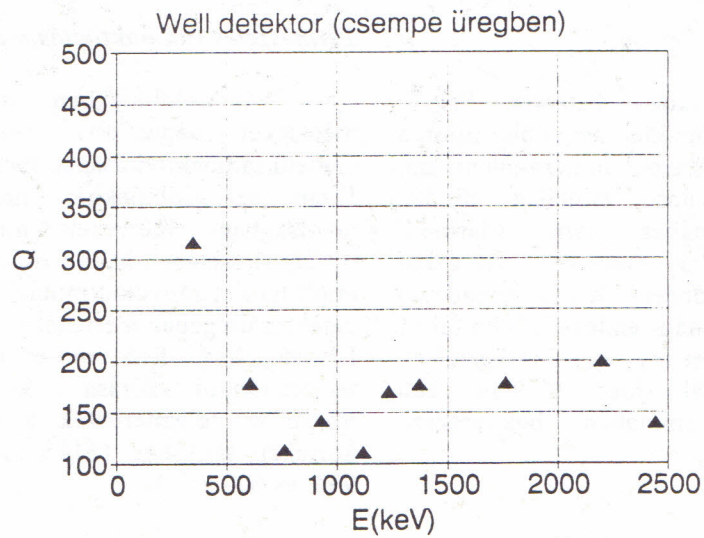
Az előbbieken ismertetett módszerrel méréseket végeztünk csempemáz természetes eredetű radioaktivitásának meghatározására is. A 7. ábrán az előbbiekhöz hasonlóan a 100 mm távolságban elhelyezett minta (Petri-csészében,  $m=36$  g) esetében kapott csúcsterületekre vonatkoztatott területarányokat mutatjuk be, míg a 8. ábrán a detektor üregében mérteteket. Látható, hogy  $h=5$  mm-es távolságnál jelentős a területarányok szórása a koincidenciák következtében, és felismerhetők azok az energiák, ahol korrekció szükséges (2448, 2204, 1764, 1577, 1120, 934, és 609 keV).



7. ábra

Csempeminta gammaspektruma üreges detektorral 100 mm távolságban  
 Gammaspectrum of tile sample with well detector (distance 100 mm)





8. ábra

Gammaspektrum a detektorüregben elhelyezett csempemintán  
Gammaspectrum of tile sample with well detector (distance 0 mm)

### Következtetések:

Eredményeink alapján az üreges félvezető detektorok előnyösen alkalmazhatók kis aktivitású és alacsony gamma energiákat emittáló minták mérésére.

(Érkezett: 1993. 09. 23.)