

Gyakorlati mérés technika, dozimetria

Budapest, 2023

1. Gázionizációs detektorok jellemzői és főbb alkalmazásuk
2. A szcintillációs detektálás elve és alkalmazási lehetőségei
3. Félvezető detektorok működési elve és alkalmazásuk
4. A nukleáris mérőrendszerek általános felépítése, a sokcsatornás mérőrendszerek felépítése és működési elve.
5. Felületi szennyezettség mérésének eszközei
6. Sugárvédelmi ellenőrző rendszer
7. Környezetellenőrző rendszer
8. Kibocsátás-ellenőrző rendszer
9. Személyi dozimetria

1. Gázionizációs detektorok jellemzői és főbb alkalmazásuk

Gázzal töltött kamrába 2 elektródát vezetnek és egyen feszültséget kapcsolnak rá. A feszültség nagyságától függően eltérően viselkedik a detektor. 3 feszültség tartományban használható -> 3 féle műszer (ion kamra, proporcionális számláló, Geiger-Müller cső)

Az ionizáció során keletkezett elektronok és ionok többszörös ütközés révén rövid idő alatt termikus egyensúlyba kerülnek a környező gázmolekulákkal. Az **ionizáló részecske áthaladása után** a töltéssel rendelkező részecskék a feszültség hatására **mozogni kezdenek a gázon keresztül**: az ionizációban keletkezett **elektronok a pozitív elektróda (anód)**, a **pozitív ionok pedig a negatív elektróda (katód)** felé.

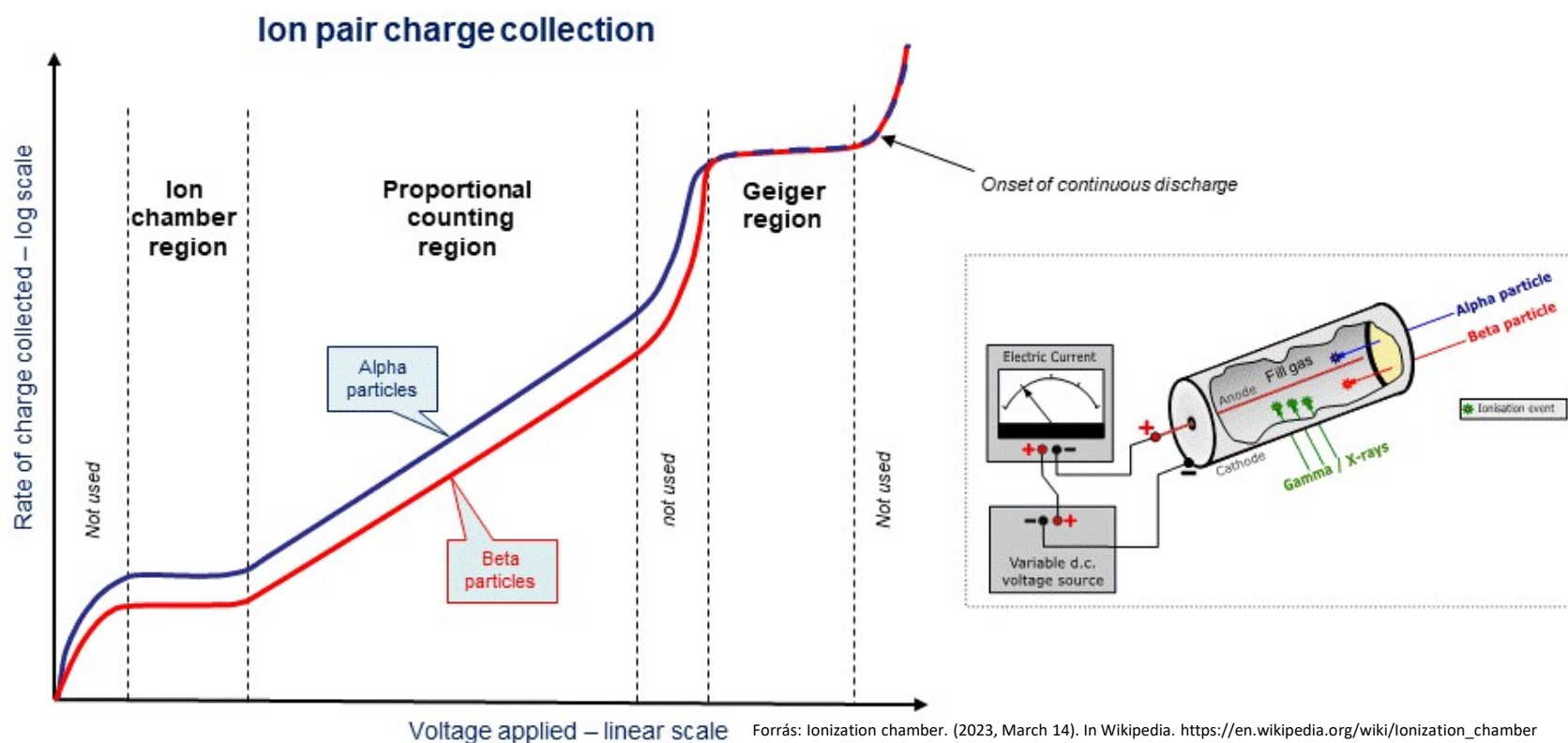
Az **ionok sebessége függ** a kamra terében lévő elektromos **térerősségtől**, a kamrában lévő **gáz nyomásától**, valamint a **gáz anyagi minőségétől**.

Előfordulhat, hogy nem minden ion és elektron jut el azonban a gyűjtő elektródáig:

- Az **elektron megkötődhet a gázban**, függ a gáz természetétől. Ezért érdemes nemesgázt használni.

- **Rekombináció**: elektromos erőtér hatására az ellentétes irányba mozgó pozitív ionok és negatív elektronok (vagy pozitív és negatív ionok) **egymással ütközve** elveszíthetik töltésüket, **egymást semlegesíthetik**. Ezért kell nagyobb feszültséget használni.

Jellemzően a **detektor fala kis rendszámú anyag**, sok esetben **végablakos**, hogy ne gyengítse a mérendő ionizáló sugárzást. A falvastagság jelentősen befolyásolja, hogy képes-e a detektor alfa, béta, vagy kis energiás gamma sugárzás mérésére.



Az ionizációs kamra feszültség tartományban az elektromos tér **minden ionpárt begyűjt**. A **feszültség változtatása nem befolyásolja a kimenő áram erősséget**. A detektor által szolgáltatott **jel energiatfüggő** és a **sugárzás intenzitásával arányos**.

Ha a keletkező jelet minden egyes ionizáló részecske esetében **külön-külön mérjük**, akkor a kamra **impulzus üzemű**. Ha a kamra jelének a kamrán átfolyó **áram átlagát** tekintjük, akkor **áramüzemű (integráló)** ionizációs kamráról beszélünk.

Impulzus módban A kapott jeleket megfelelő erősítővel felerősítve lehet számlálási, illetve spektroszkópai célokra használni.

Leggyakrabban, azonban áram üzemmódban használják, ehhez már femtoamper, pikoamper mérő műszerek kellenek. **Alacsony áramerősség -> nincs multiplikációs hatás erősíteni kell az elektromos jelet.**

A kamra kialakítása szerint lehet:

1. **Szabad levegős kamra:** A levegő szabadon közlekedhet a kamrán keresztül. **Sugárvédelmi célra jellemzően nem használják**, de füst érzékelésre is alkalmas.
 2. **Atmoszférikus nyomású levegővel töltött kamra:** Elsődleges etalonnak használható **levegőben vagy vízben közölt dózis-teljesítmény mérésre** használható (Gy/h)
 3. **Nagy nyomású nemes gázzal töltött kamra:** Nagyobb nyomással, nagyobb az esély az ionizáló sugárzás és a gáz részecskék ütközésére, ezért **érzékenyebb**, de vastagabb fal szükséges, **így elsődlegesen gamma sugárzás mérésre használható**. Pl.: Dóziskalibrátor.
- Előnye:** túlterhelés esetén sem „bénul le”. **Pulzált sugárzási térben** is sikerrel alkalmazható. **Folyamatos nagy dózis terek mérésre**, és **elsődleges referenciának** használható.

Hátrányok: magas alsó méréshatár.

Egy kamrához szűk mérési tartomány tartozik.

Érzékeny a nedvességre.

A méréshez kell kamrát választani:

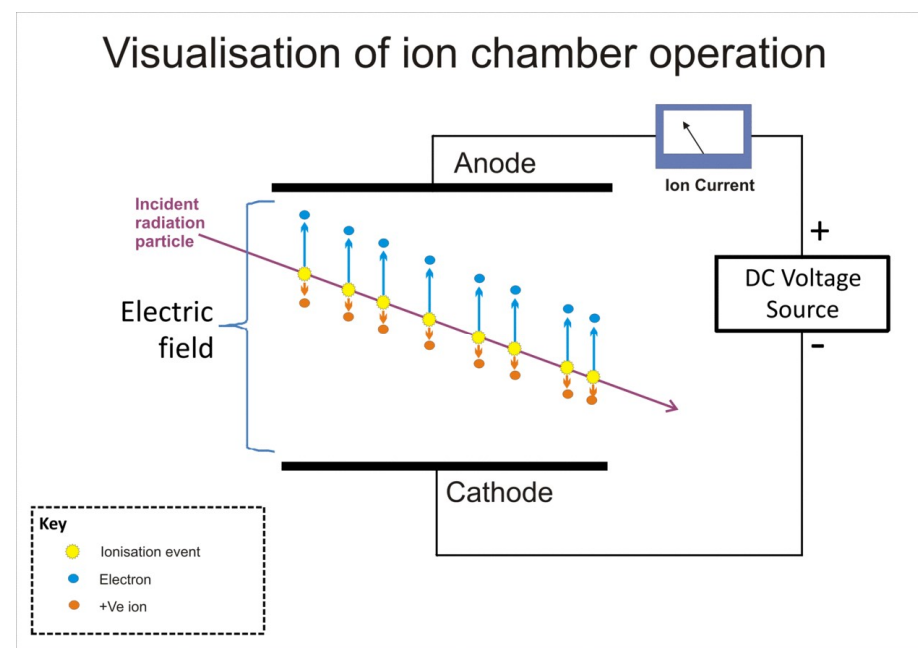
Feszültség tartomány lehet: 100 V .. 500 V

Választható kamra térfogatok: 0.005 cm³ ... 50 000 cm³

Térfogatnak megfelelő kimeneti áramerősség: 10⁻¹⁴ A ... 10⁻⁷ A

Maximális dózisteljesítmény kamra térfogattal fordítottan arányos:

1 mGy/h ... 100 Gy/h



A Proporcionális számláló feszültség tartományban az **ionpárok maguk is képesek újabb töltéshordozók létrehozására**.

Az ionpárok **anód közelében létrehozzák a lavina effektust a számláló többi része ionkamraként funkcionál**. Impulzus kimenetet ad, amelynek nagysága arányos az elnyelt sugárzás energiájával (**Energiafüggő impulzus kimenet**).

A számláló alacsony nyomáson fel van töltve **nemes gázzal és kioltó gázzal** Pl.: 90% argon, 10% metán.

A jelerősítést befolyásolja a számláló mérete, a gáz nyomása, a rákapcsolt feszültség nagysága és a gáz összetétele.

Felhasználás:

Spektroszkópiai mérés. A rossz felbontás miatt spektrométerként korlátozottan használható.

Gamma és röntgen **környezeti dózisegyenérték-teljesítmény**, $H^*(10)$ mérés.

Kéz-láb felületi szennyezettség mérés. Az ionizáló sugárzás a végablakon lévő mylar fólián keresztül lép be a számlálóba. Általában gáz-átáramlásos rendszerben használják: nem érzékeny a fólián keletkező lyukakra.

Előnye:

**Széles mérési tartomány,
nagy méretben gyártható**

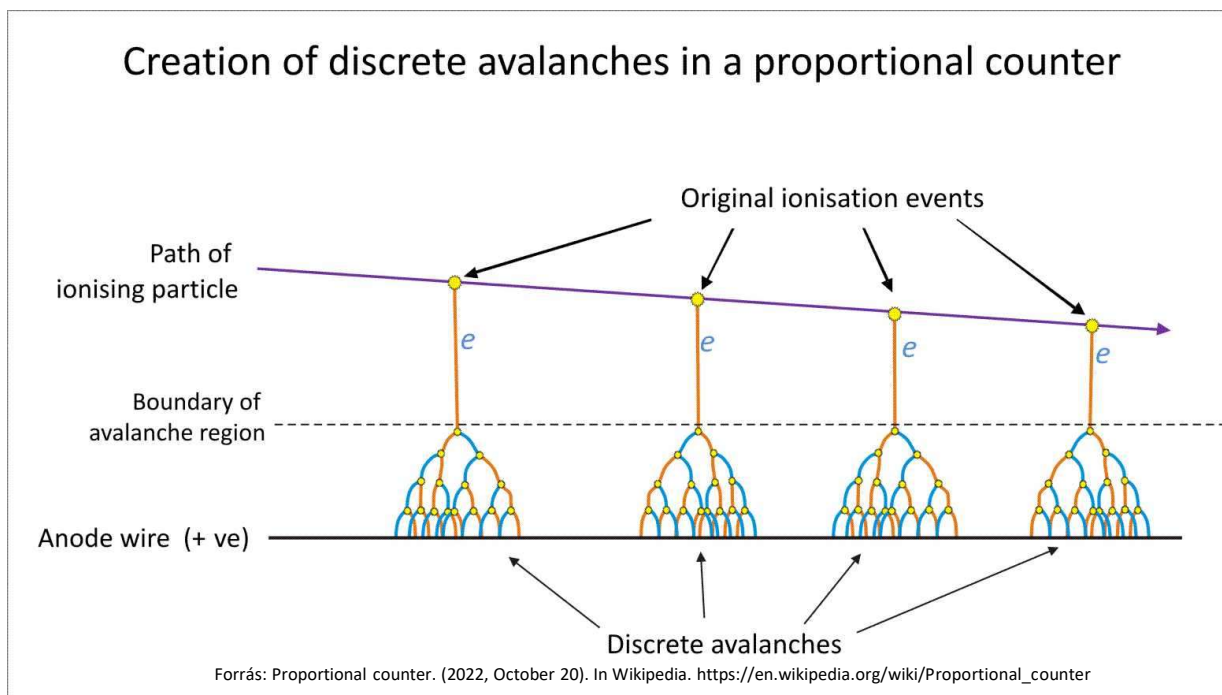
Hátránya:

**Folyamatos gáz csere szükséges lehet,
Pulzált terekre nem jó, hosszú holtidő,
öregedés**

Tipikus feszültség: 100V .. 700 V

Dózisteljesítmény tartomány:

Pl.: 10 nSv/h – 15 m Sv/h



1.3. Geiger-Müller csöves műszerek



A Geiger-Müller (GM) cső feszültség tartományban a **lavina effektus** az ionizációt követően **azonnal megkezdődik**, nem csak az anód közelében, így maximális az erősítés. Az erősítés akár 10^8 szoros is lehet, külső elektronikus erősítő alkalmazására nincs szükség.

Az ionizáló részecske **energiájától és fajtájától függetlenül azonos impulzus jön létre, ami könnyen detektálható.**

A GM cső **alacsony nyomású nemes gázzal és kioltó gázzal van feltöltve**.

Felhasználás:

Levegőben közölt dózisteljesítmény K_a [Gy/h], **környezeti dózisegyenérték-teljesítmény**, $H^*(10)$ [Sv/h] mérés,

Felületi szennyezettség mérés [Bq/cm²].

Cső típusok:

Végablakos (alfa, béta, gamma), **vékony falú** (béta, gamma), **vastag falú/ energia kompenzált** (gamma).

Előnye: **Általános felhasználás, széles mérési tartomány, megbízható, robusztus, olcsó**

Hátránya: **Pulzált terekre nem jó, sugárzás típusokat nem választ szét, öregedés, hosszú holtidő (kivételem GAMMA műszerek)**

Tipikus feszültség: 400V .. 900 V

Dózisteljesítmény tartomány:

Pl.: 10 nSv/h – 100 Sv/h



Forrás: RadGM, BNS-97S, BNS-92, IH-95 <http://gammatech.hu/>

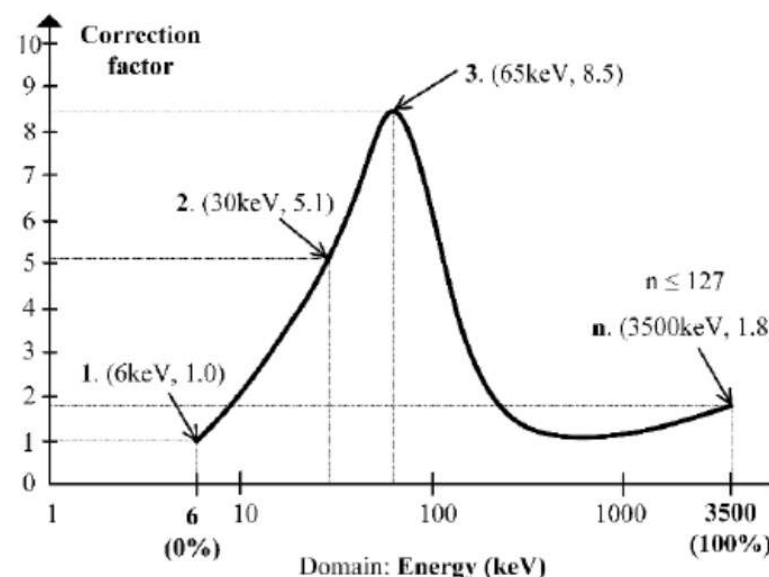


Illustration of the use of Correction table to specify energy response of the GM tube relative to 137 Cs.

Forrás: <https://doi.org/10.1080/10739149.2014.976829>

Dupla Geiger-Müller csővel szerelt detektor, széles mérési tartománnyal.

Mérhető paraméter:

gamma- és röntgen környezeti dózisegyenérték-teljesítmény, $H^*(10)$ [Sv/h]

Mérési tartomány: 60 nSv/h ... 100 Sv/h

Energiatartomány: 50 keV - 1,5 MeV

Nukleáris paraméterek az IEC-61017 szerint

Mérési idő: Folyamatos, 2 s ... 3600 s

Tápellátás: 9 ... 32 VDC

Működési hőmérséklet-tartomány: -40 °C ... +65 °C

Környezetállóság: IP 67

Kommunikáció: RS-485/MODBUS.

Szoftver: Windows alapú program a műszer adatainak lekérdezéséhez, beállításokhoz és vezérléshez.

Szimulátor integrációhoz elérhető.

Szabadon állítható fix és dinamikus riasztási határértékek
Dózisteljesítménytől függő jelkimenet hang- vagy fényjelzés részére
Figyelmeztetés és riasztás céljára több konfigurálható kimenet



Forrás: RadGM, <http://gammatech.hu/>

2. A szcintillációs detektálás elve és alkalmazási lehetőségei

Ionizáló sugárzás hatására bizonyos anyagokban **fényvillanások** (alacsony energiás fotonok/ pl.: NaI(Tl)-ban kék fény: 325 – 550 nm) keletkeznek. Ezt a jelenséget nevezik **szcintillációnak**.

A szcintillációs detektor főbb részei: **Szcintillátor**, **fényérzékelő** (fotoelektron-sokszorozó/PMT, fotódióda/SiPM, töltéscsatolt eszköz/CCD), **feldolgozó elektronika**

A **PMT** minden egyes beérkező **fotonra** legfeljebb egy **elektront** bocsát ki a fotokatódon, amelyet feszültség hatására megsokszoroz a dinódákon, hogy az anódról már egy jól mérhető elektromos impulzust hozzon létre. Az impulzus **amplitúdója** az ionizáló sugárzás **energiájáról**, míg a **szélessége a fajtájáról** hordoz információt. Spektrometriára alkalmas Adott **mérési feladatra megfelelő méretű és anyagú** szcintillátort kell választani.

Szcintillátor anyaga lehet: **szilárd vagy folyékony**, illetve **szerves vagy szervetlen**

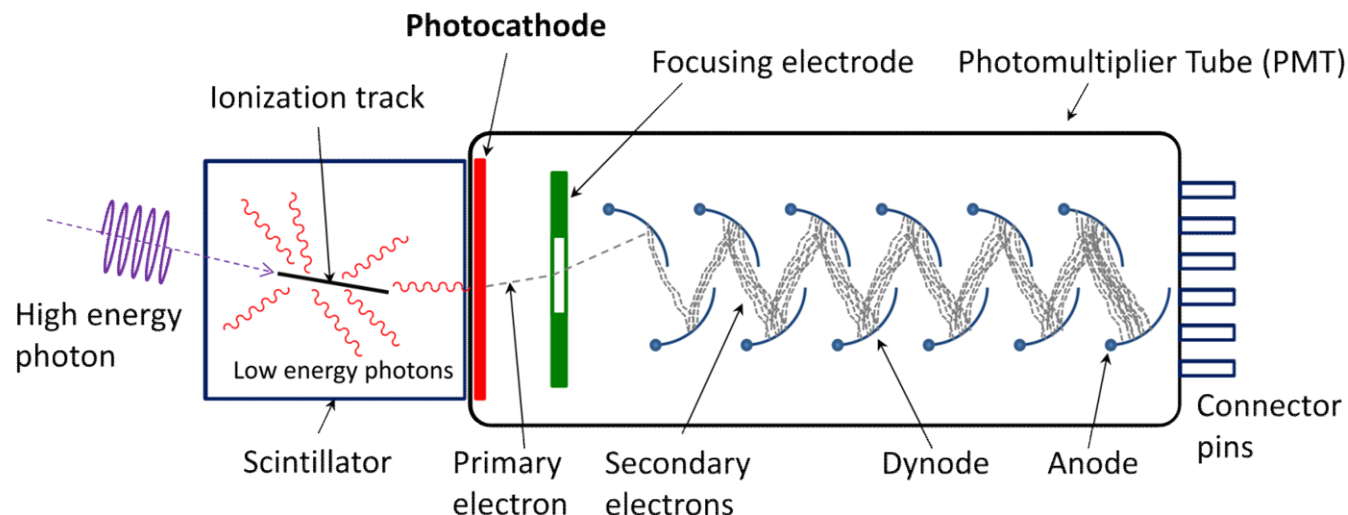
Szcintillátorok sugárzás fajtákhoz: alfa: ZnS(Ag), béta: PVT plasztik, gamma: NaI(Tl), neutron: Bór-poliészter + ZnS(Ag)

Szcintillátorok alkalmazásokhoz: nagy érzékenység: NaI(Tl), jó felbontás: LaBr₃ (Ce), gyors regenerálódás: BGO

Felhasználás: **Sugárkapuk, környezeti mérés, kibocsátás-ellenőrzés, minta vizsgálat, izotóp azonosítás, aktivitás becslés, képalkotás.**

Előnye: **Nagy érzékenység/hatásfok, alacsony ár, energia szelektív mérés, jelalak diszkrimináció, rövid holtidő (10^{-9} s), egyszerűen lehet nagy detektort készíteni**

Hátránya: **Szűk mérési tartomány, alacsony dózisterekhez jó, félvezetőknél gyengébb felbontás.**

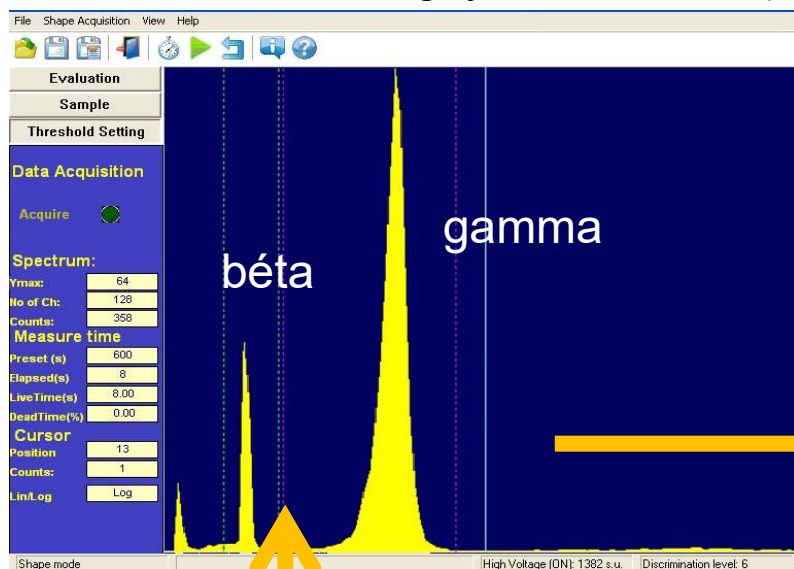


2. A szcintillációs detektálás elve és alkalmazási lehetőségei

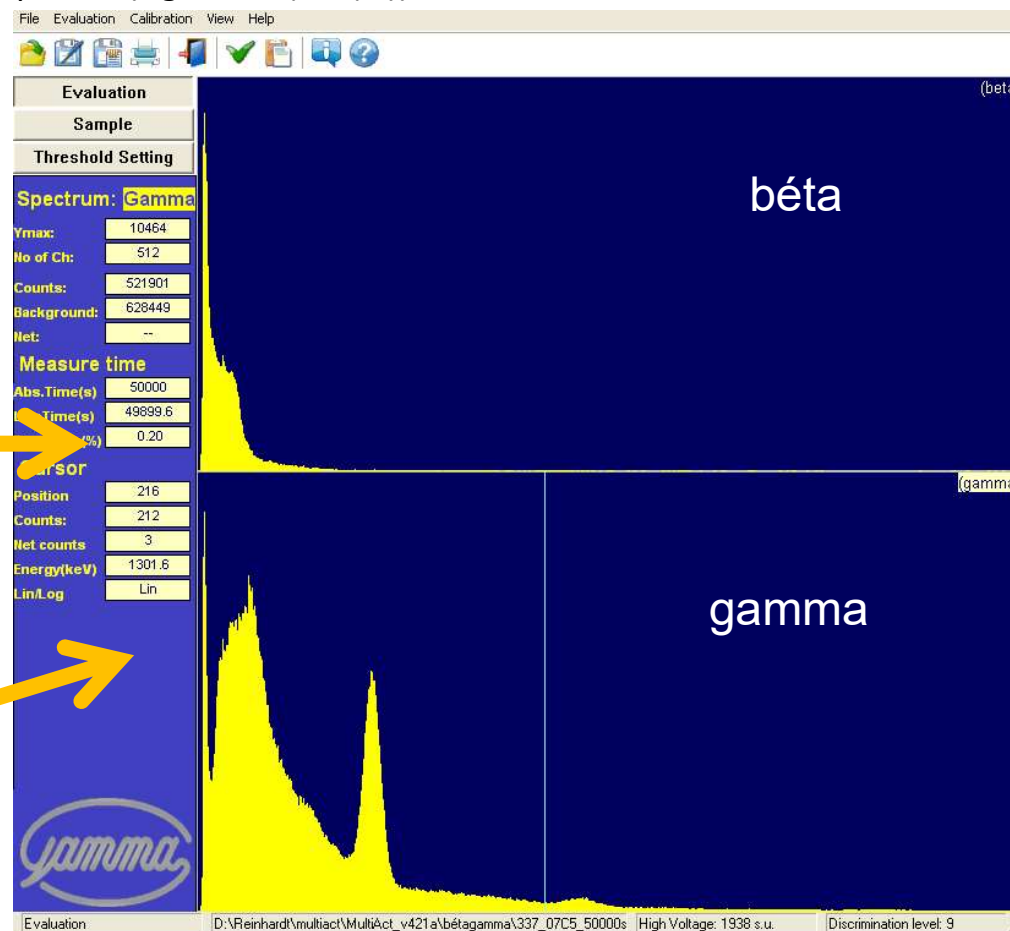
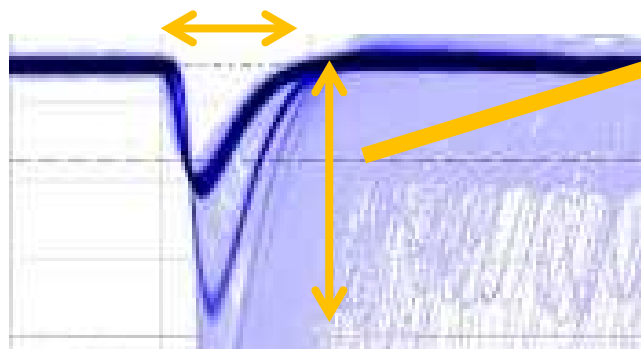


A szcintillációs detektorból érkező **impulzusok amplitúdója alapján energia spektrum** a szélességük alapján **szélesség spektrum** hozható létre. A szélesség szerint a különböző **sugárzás fajták szétválasztást** követően, a **gamma energia spektrum alapján izotóp azonosítás** lehetséges.

Cs-137 sugárforrás mérése béta (PVT plasztik), gamma (NaI(Tl)) szendvics szcintillátorral



128 csatornás szélesség spektrum



512 csatornás energia spektrum

Nagy érzékenységű szcintillációs típusú spektrometriai detektor, izotóp-azonosítási képességgel, sugárkapu üzemmóddal és dózisteljesítmény-méréssel.

Mérhető sugárzás fajták: alfa, béta, gamma és neutron sugárzás (a választott szcintillátor szerint)

Kimeneti adatok: Gamma spektrum, beütésszám [cps], becsült aktivitás [Bq] és dózisteljesítmény [Sv/h], azonosított radioizotópok listája.

Mérési tartomány γ sugárzásra: 30 nSv/h ... 240 μ Sv/h

Izotópazonosítás: Bővíthető izotópkönyvtár.

Energiatartomány: 20 keV ... 3 MeV

Gamma spektrum: 512 ... 4096 amplitúdó csatorna

Energiastabilizálás: Természetes háttér

Állítható mérési időtartomány: 0,1 s ... 30 nap

Kommunikáció: RS-485, Ethernet / Modbus , HTTPS

Felhasználói kalibráció és öndiagnosztika

Tápellátás: 9 ... 32 VDC vagy POE / 5W

Működési hőmérséklettartomány: -30 °C ... +55 °C

Készülékház: IP68, IP20 (tokozat és szcintillátor függő)

Méretek, tömeg: **2"x2" NaI(Tl)** kristállyal:

75x351 mm (øxH), 1,65 kg

Szoftver: Webszerver alapú felhasználói

felület hardveres beállítás és vezérlés funkciókkal



Nagy tisztaságú **félvezető kristályra záró irányba egyen feszültséget** kapcsolva, az **ionizáló sugárzás hatására pozitív és negatív töltéshordozót jönnek létre**, amelyek a nekik megfelelő elektródák felé mozognak és ott elektromos impulzust hoznak létre.

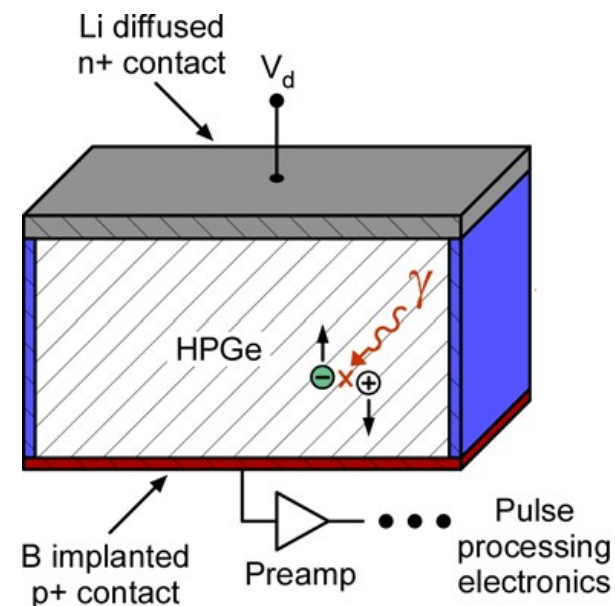
A kristály két részből áll. Az **n-típus félvezető** részt többlet **elektronokat tartalmazó** anyaggal, míg a **p-típusú félvezető** részt **elektronhiányos anyaggal szennyezik**. A detektor **aktív térfogata az n-típusú és a p-típusú félvezetők találkozásánál létrejövő kiürített réteg**.

Felhasználás:

- **Alfa spektrometria:** Szilícium felületi záróréteges félvezető detektor (**PiPS**). A detektor felszínén vékony p-n átmenet van, és ott jön létre a kiürített réteg. A fólia védett más típusú detektorokhoz képest kevésbé sérülékeny.
- **Gamma spektrometria:** Nagytisztaságú germánium detektor (**HPGe**). **Kevert (több izotóp) és összetett sugárforrások, maszkolt anyagok, valamint nukleáris anyagok meghatározására alkalmas.** Folyékony nitrogénes, vagy elektromos hűtés szükséges.
- **Hordozható, szegmentált gamma spektrometria:** kadmium cink tellúrid (**CZT**), kadmium tellúrid (**CdTe**) detektor. Közvetlen gamma foton - elektromos jelátalakítás zajlik le. Nem kell hűteni. Csak kis méretben (kb. 5 mm) gyártható.

Előnye: **Jó energiafelbontás, mechanikai szilárdság, az ionizáló sugárzásra stabil és lineáris válasz, kis méretben is gyártható.**

Hátránya: **Drága, bizonyos típusokat hűteni kell.**





Kézi, nagy tisztaságú germánium félvezető detektor
Izotóp-azonosítás 88 elemű izotóp könyvtárral (állítható)
Detektorkristály méretei: **d: 60 mm, h: 25 mm**
Energiafelbontás: 1332 keV-nál FWHM < 2,5 keV
Hatásfok 3 "x 3" NaI-hoz képest: 10-13 % (1332 keV-nél)
Energiatartomány: 40 keV - 3 MeV (12 MeV opcionális)
Súly: 3.6 kg + 0,5 kg akkumulátor
Méretek: 20 cm x 13 cm x 15 cm
Az akkumulátor élettartama: 5 óra
Lehűlési idő: 2 óra
A detektor indítási ideje: 2 perc
Hosszú élettartamú belső Stirling-ciklusú elektromos hűtő

Forrás: Fulcrum hordozható HPGe gamma spektrométer
<http://www.cbrnmagyarorszag.hu/>

Izotópkategóriák: SNM, NORM, IND, MED

Felhasználói interfész : Android mobiltelefon

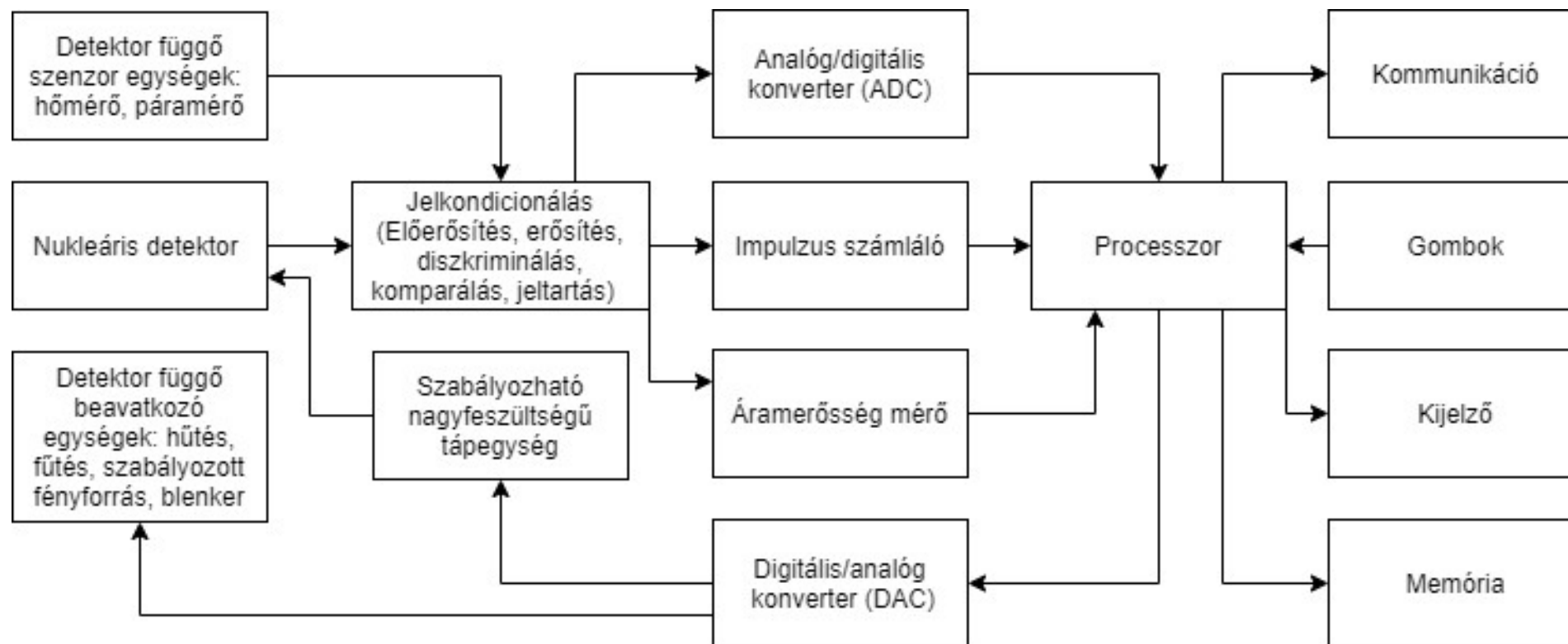
Adatmentés ANSI N42.42 formátumban

Vezeték nélküli adatkapcsolat: távolról működtethető

Neutron detektor opcionális

4.A nukleáris mérőrendszerek általános felépítése, a sokcsatornás mérőrendszerek felépítése és működési elve.

Elméleti nukleáris mérőrendszer felépítése, detektor függő kiegészítő részegységekkel.



4. Mérőrendszerek felépítése és működési elve

Mérőrendszer lehetséges üzemmódjai:

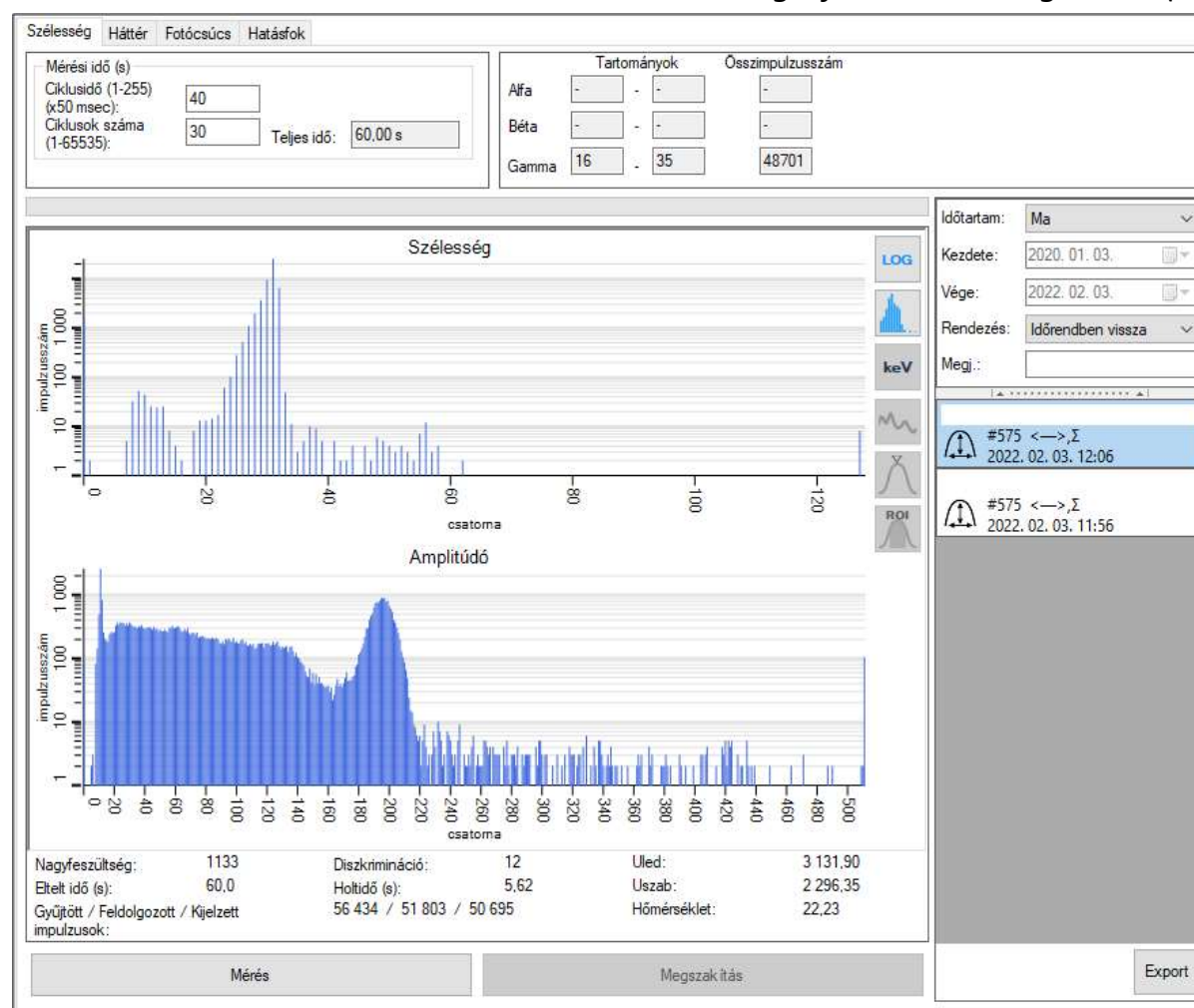
impulzus: a válaszjelek egyenként hozzárendelhetők az elnyelt részecskékhez.

Energia szelektív detektorokban keletkező impulzuson mérhető:

- **nagysága** (az elnyelt energia függvénye)
- **száma** (az aktivitás függvénye)
- **szélessége** (az elnyelt részecske típusától függ)

áram: a válaszjel folyamatos, jellemzője az áramerősség

Cs-137 sugárforrás mérése gamma (NaI(Tl)) szcintillátorral



4. Sokcsatornás mérőrendszerek felépítése és működési elve



Egycsatornás analízátor (differenciál diszkriminátor)

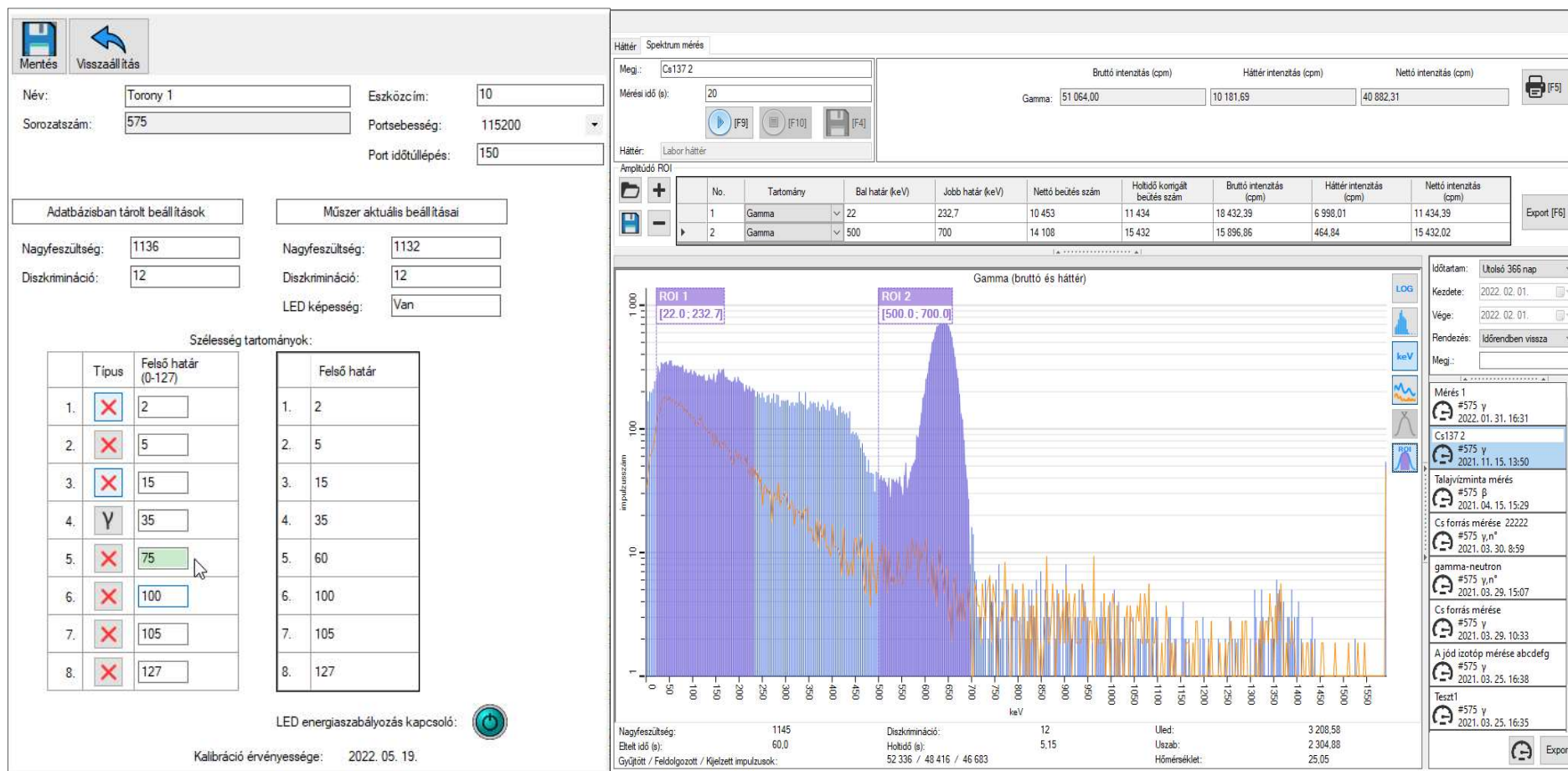
Kapott eredmény: **impulzus/beütés szám**

- **Integrális mód:** a kimenő jelek közül azokat válogatja ki, amelyek egy előre beállított **alapszintnél magasabb amplitúdóval rendelkeznek**
- **Differenciális mód:** a kimenő jelek közül azokat válogatja ki, amelyek az **alapszintnél magasabb és egy másik beállított szintnél alacsonyabb amplitúdó értékek közé esnek**

Sokcsatornás analízátor

Kapott eredmény: **spektrum**

- A kimenő jeleket amplitúdó alapján szétválogatja és a megfelelő csatornába helyezi
- vízszintes tengely: energia vagy csatorna**
- függőleges tengely: beütések száma**



5. Felületi szennyezettség mérésének eszközei



Felületi szennyezettség lehet **alfa, béta és gamma sugárzó anyag**.

Milyen szintet kell mérni?

IAEA Safety Standards: Felületi szennyezettség: 0,4 Bq/cm² béta- és gammasugárzók esetében és alacsony toxicitású alfa-sugárzók, vagy 0,04 Bq/cm² minden más alfa-kibocsátó esetében

https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1798_web.pdf

2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet A radioaktív anyag alkalmazása befejezését követően a sugárveszélyes munkahely sugárvédelmi felügyeletének megszüntetéséhez szükséges elemzés tartalmi követelményei

3.1. A felületeken a **fixált szennyeződések** megengedett értéke **béta- és gamma-sugárzó izotópok esetében 5 Bq/cm²**, azonban a felületek radioaktív szennyeződését ezen érték alatt is az észszerűen elérhető legkisebb értékre kell csökkenteni. A felületi szennyezettség 0,4 Bq/cm² érték alá történő csökkentése az esetek többségében nem szükséges.

3.2. A felületeken a fixált szennyeződések megengedett értéke **alfa-sugárzó izotópok esetében 0,5 Bq/cm²**, azonban a felületek radioaktív szennyeződését ezen érték alatt is az észszerűen elérhető legkisebb értékre kell csökkenteni. A felületi szennyezettség 0,04 Bq/cm² érték alá történő csökkentése az esetek többségében nem szükséges.

3.3. A felületeken a fixált szennyeződések megengedett értéke **³H és ¹⁴C izotópok esetében 50 Bq/cm²**, azonban a felületek radioaktív szennyeződését ezen érték alatt is az észszerűen elérhető legkisebb értékre kell csökkenteni. A felületi szennyezettség 4 Bq/cm² érték alá történő csökkentése az esetek többségében nem szükséges.

<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a2200002.oah>

MSZ 62-7:2017 szabvány Az ionizáló sugárzás elleni védelem. 7. rész:

Sugárvédelem nyitott radioaktív anyagok alkalmazásakor.

A felületi szennyezettség ellenőrzésekor a méréseket a következő nagyságú felületekre kell átlagolni:

testfelszín: 100 cm²

padló, falak, mennyezet: 1000 cm²

egyéb felületek: 300 cm²

pontszerű szennyezés gyanúja esetén: 1 cm²

A mérni hitelesített, illetve kalibrált felületi szennyezettség mérővel, vagy dörzsminta mérésével kell

<http://szabvanykonyvtar.mszt.hu/standard/show/166358>

A felületi szennyezettség beavatkozási szintjei

Felületek	Beavatkozási szintek (Bq /cm ²)		
	α-sugárzók	β-sugárzók	³ H, ¹⁴ C, ^{99m} Tc
Helyiségek és tárgyak az ellenőrzött területen	5	50	500
Helyiségek és tárgyak felületén az ellenőrzött területen kívül, személyes öltözéken	0,5	5	50
Védőruha külső felületén	5	50	500
Védőruha belső felületén	0,5	5	50
Bőrön	0,5	5	50

5. Felületi szennyezettség mérésének eszközei

Lehetséges mérési módszerek:

- **Közvetlen felületi szennyezettség mérés** során meg kell különböztetni a gyors keresés és pontos szennyezettség mérést.
- **Gyors keresés:** alfa+béta+gamma [cps] kijelzés. Ilyen esetben a cél a szennyezések helyének lokalizálása. Nagy gamma források közelében nem használható. A keresendő területet alaposan végig kell mérni a felülettől max. 1-2 cm-re, mivel pár cm levegő vagy árnyékolás is komoly hibát vihet a mérésbe.
- **Pontos szennyezettség mérés:** adott sugárzás fajtára [Bq/cm²] kijelzés. Mérés menetét GM csővel lásd folyamatábrán.
- **Közvetett felületi szennyezettség mérés** elsődlegesen magas gamma háttérű helyeken használható. Ilyenkor a közvetlen mérés helyett, dörzsmintát érdemes venni és a mintát alacsonyháttérű mérőhelyen megmérni.

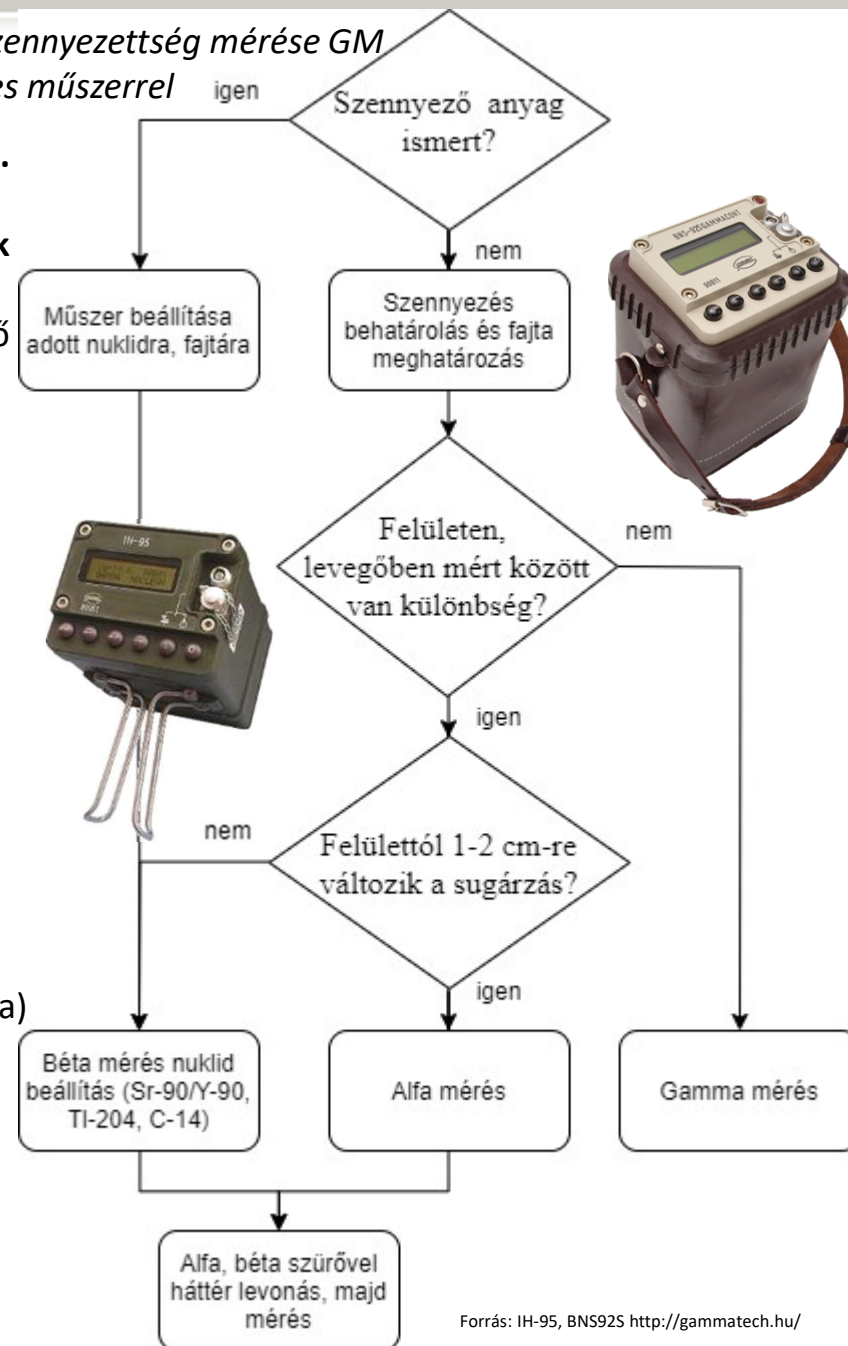
Lehetséges mérőműszerek:

- **Végablakos GM cső** (alfa, béta, gamma sugárzás nem szétválasztható),
- **Végablakos proporcionális számláló** (alacsony érzékenység),
- **Szcintillációs detektor** alfa: ZnS(Ag), béta: PVT plastik (magas ár),
- **Szilícium Felületi záróréteges félvezető detektor (PIPS)** (csak alfa)

Felületi szennyezettség kvantitatív mérésére kalibrálhatók, ezért cps kijelzés mellett Bq /cm² felületi aktivitás koncentráció (felületi szennyezettség) kijelzés is lehetséges.

Közvetlen felületi szennyezettség mérése GM

csöves műszerrel



5.Felületi szennyezettség mérésének eszközei: Dörzsminta mérés

Dörzsminta mérés

Feladat: **Ismert izotóp összetételű, de ismeretlen aktivitású radioizotóppal szennyezett felületi minta** mérése (általában 2 minta 1 helyről-> dörzsölési hatásfok meghatározás)

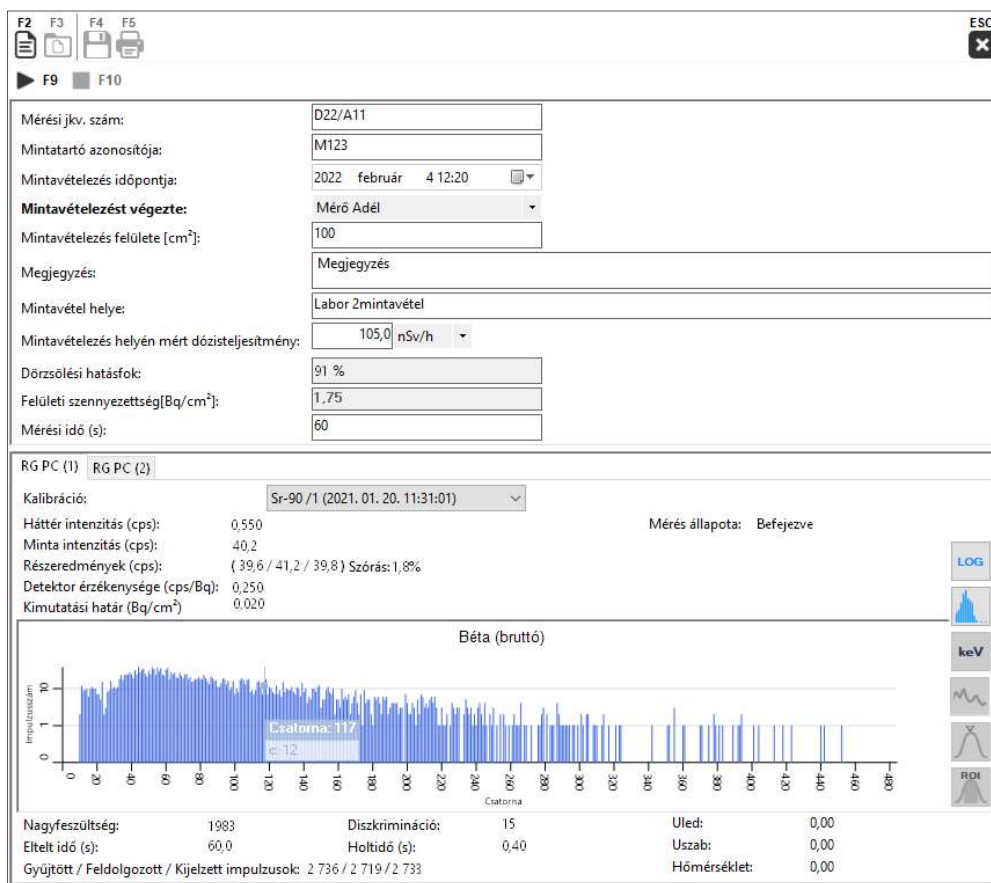
A pontos méréshez a **mintavétel és minta előkészítés** elengedhetetlen.

Béta mérés esetén ajánlott mérési összeállítás: **Alacsony háttérű PVT** plastik szcintillációs összes béta mérőhely.

Akár 2 detektor a minták párhuzamos mérésére.

Kimeneti adatok jegyzőkönyvbe: **háttér intenzitás [cps]**, **mért minta intenzitása [cps]**, **detektor érzékenység [cps/Bq]**, **kimutatási határ [Bq/cm²]**, **dörzsölési hatásfok [%]** és a **felületi szennyezettség [Bq/cm²]**.

A mérő rendszer alkalmassá tehető még: Folyadék, Aeroszol, térfogati minta mérésre is.

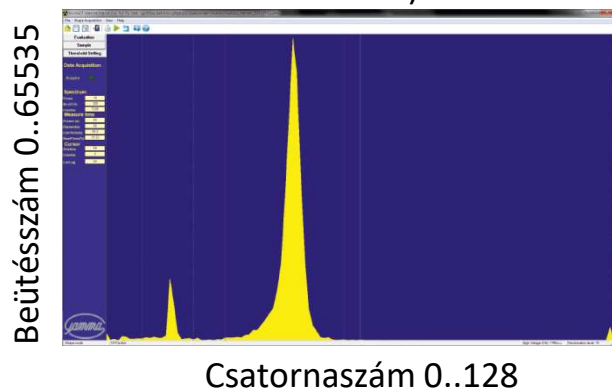


Forrás: RadSpect, nz-138, nz-305, NDI, <http://gammatech.hu/>

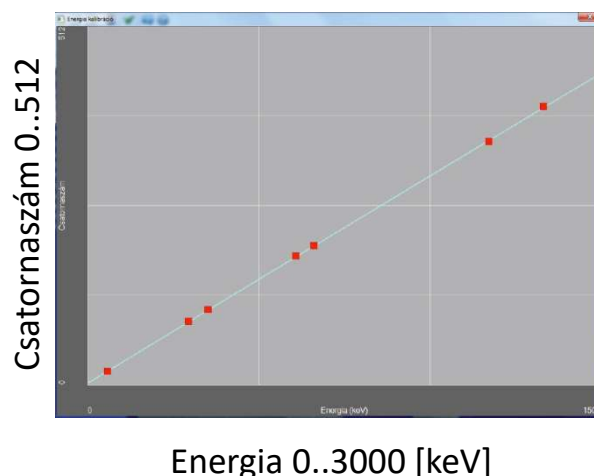
5.Felületi szennyezettség mérésének eszközei: dörzsminta mérés

Feladat: Ismeretlen izotóp összetételű minta mérése gamma szcintillációs mérőhelyen: Több pontos kalibráció, háttérmérés, mintamérés, kiértékelés.

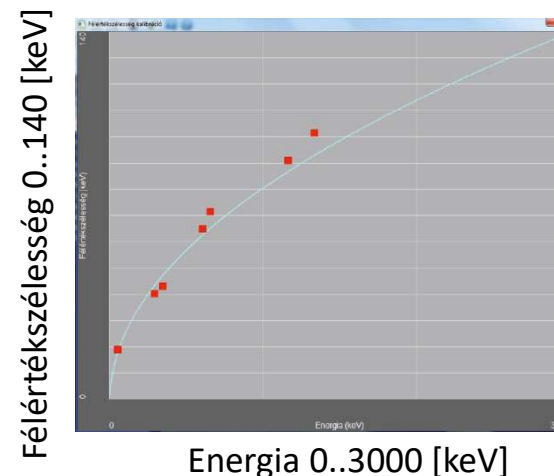
1. Jelalak szétválasztás impulzus szélesség szerint. (Csak szendvics detektornál.)



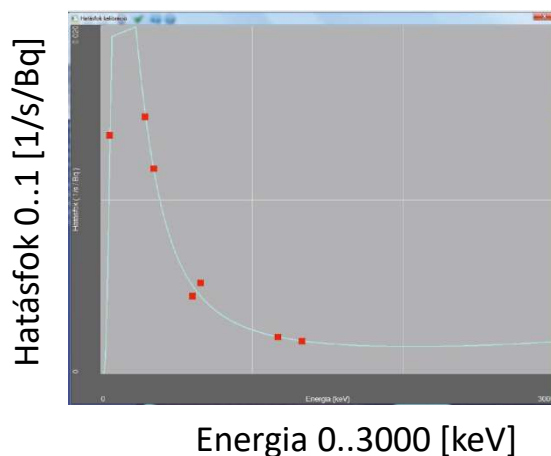
2. Energia kalibráció.
Csatorna - energia megfeleltetés



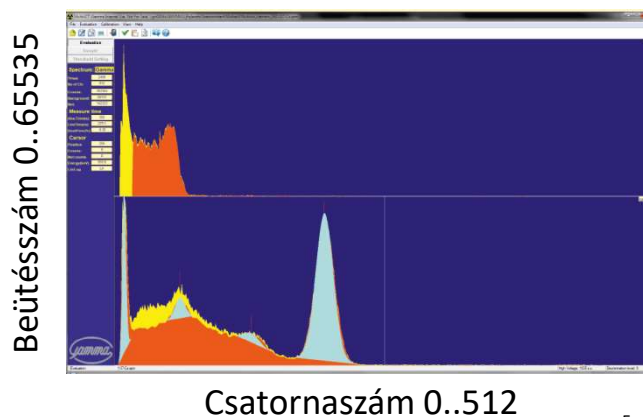
3. Félértékszélesség kalibráció.
Csúcshélesség – energia megfeleltetés



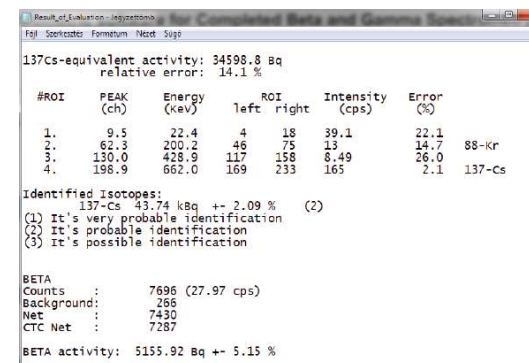
4. Hatásfok kalibráció.
Aktivitás– energia megfeleltetés



5. Háttérmérés, Ismeretlen minta mérés, háttérlevonás, csúskeresés



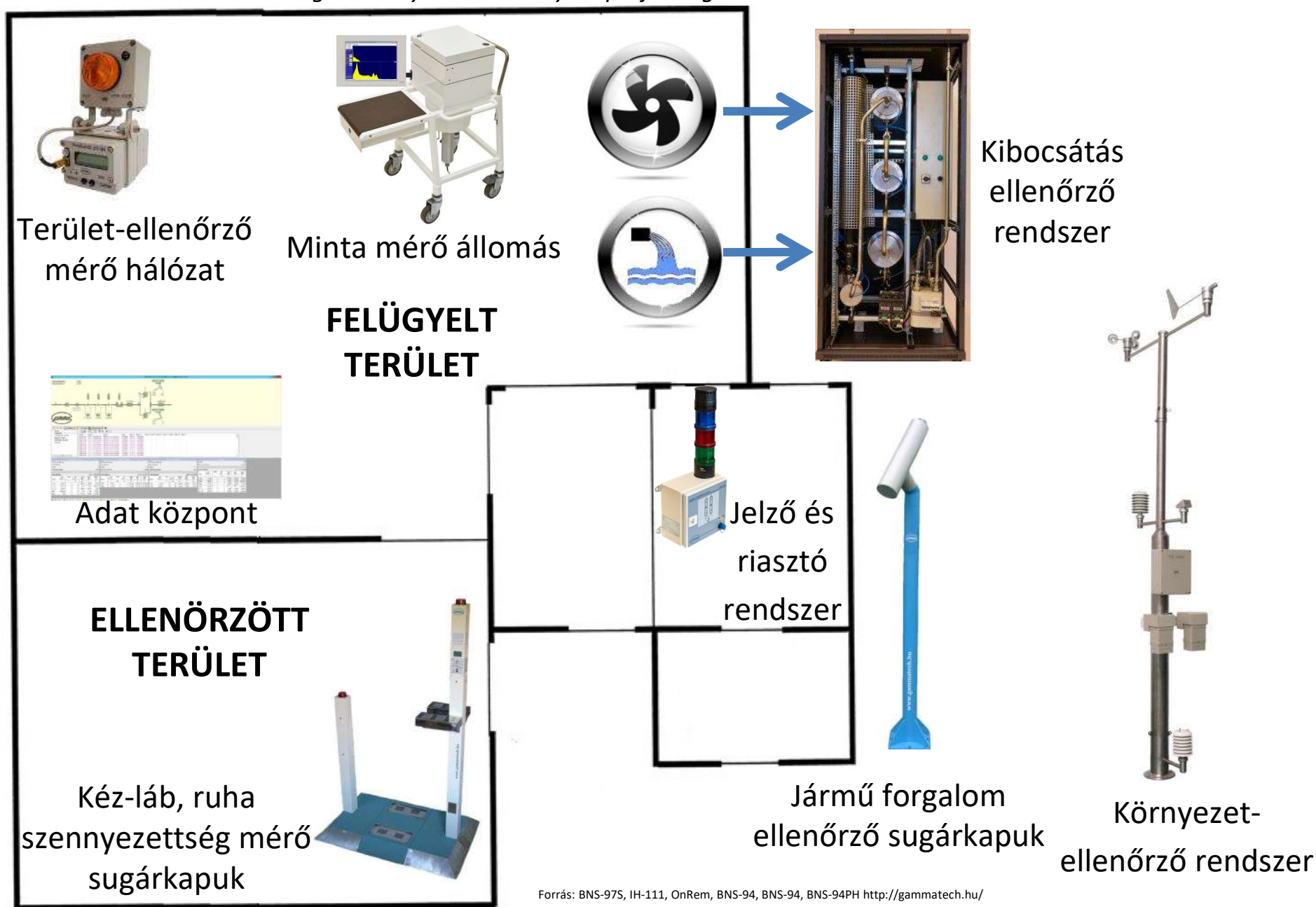
6. Kiértékelés: izotóp azonosítás, aktivitás becslés



6. Sugárvédelmi ellenőrző rendszer



Elméleti sugárveszélyes munkahely alaprajza sugárvédelmi mérőrendszerekkel.



Forrás: BNS-97S, IH-111, OnRem, BNS-94, BNS-94, BNS-94PH <http://gammatech.hu/>

6. Sugárvédelmi ellenőrző rendszer / Terület-ellenőrző hálózat



Terület-ellenőrző rendszer feladata a felügyelt területen a sugárzási szint folyamatos nyomon követése, figyelmeztetési és riasztási szint átlépése esetén fény és hangjelzés, adatmentés.

A mérési feladatot jellemzik a **gyorsan változó magas dózis terek**, a fő kihívás a **detektorok túlterhelése a magas holtidő, a riasztási szintek megfelelő megválasztása.**

Részei:

Helyiségenként mérőtávadók, Tartózkodási helyiségekben **riasztó egységek** (kijelző, fény-, hangjelző egységek), **riasztás nyugtázó gomb**, **adat központ**. (Aktuális adatok megjelenítése és tárolása, rendszer adminisztráció), kliens gépek (távoli elérés)

Ajánlott mérő eszközök:

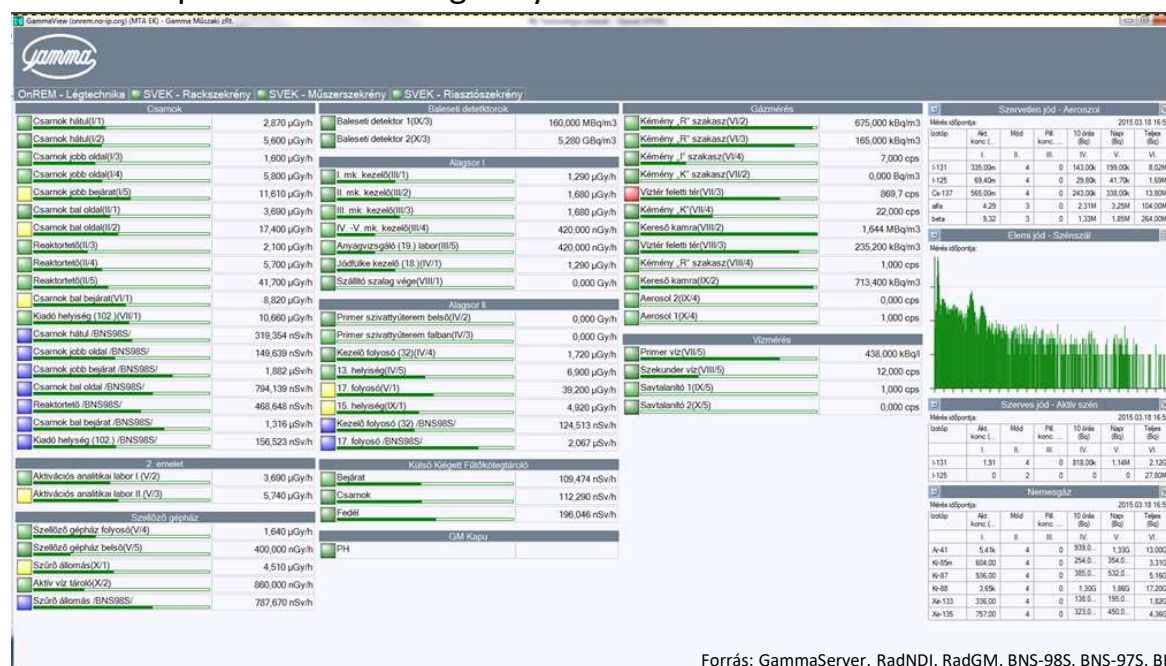
GM csővel szerelt távadók (általános célra használható, széles méréstartomány)

Szcintillációs detektorok (alacsony, változó energiájú terekben alkalmazható)

További felhasználás: Esemény rekonstrukció, dózis számítás,

tartózkodási idő ellenőrzés, forrás felügyelet,

radioaktív izotópokkal kezelt betegek nyomon követése



6. Sugárvédelmi ellenőrző rendszer / Sugárkapuk



A sugárkapu rendszer feladata a **felügyelt és ellenőrzött területek határán** áthaladó **személyek**, illetve a **járműforgalom** **mérése**, szignifikáns sugárszint emelkedés esetén **riasztás** generálása, ezzel **szállított** radioaktív **szennyeződés terjedésének megakadályozása**.

Jellemzői:

Nagy érzékenység, dinamikusan változó riasztási szint, foglaltság mentes időszakban folyamatos háttérmérés.

Nehézségek:

Nem hitelesíthető mérés, téves riasztások lehetnek természetben előforduló sugárzó anyagok miatt.

Mérési feladatok:

1. **Kéz, láb, ruha szennyezettség mérése:** Kéz (tenyér) – láb(talp) esetében béta, gamma felületi szennyezettség, ruha esetében gamma sugárzás mérése. Forgóvillák, áteresztő pontok vezérlése. Lassú áthaladás jellemzi: Beállítás+ mérési idő (5-6 másodperc/ember)
2. **Személyek, csomagok tömeges mérése:** Közlekedési folyosókon áthaladó személyekből, csomagokból kibocsátott gamma (neutron) sugárzás mérése. Alkalmazható nagy forgalmú helyeken, ahol nem korlátozható az áthaladás.
3. **Járműforgalom ellenőrzése:** nagytérfogatú szcintillációs detektorokkal gamma, esetleg neutron sugárzás mérése a jármű árnyékoló hatásának és sebességének kompenzálásával.
4. **Folyosók falának, padlójának szennyezettségének ellenőrzése:** Nagy területek felületi szennyezettségének gyors mérése.



1



2



3



4

6. Sugárvédelmi ellenőrző rendszer / Sugárkapuk



Sugárkapu kezelő szoftver képe

Mért értékek sugárzás
fajtánként

Gamma spektrum
előnézet

Riasztások
nyugtázása

Riasztáskor mért értékek,
azonosított izotópok listája



Az elmúlt 80 másodperc
sugárzási szintje

Foglaltság érzékelés

Riasztás vizualizáció

A környezetellenőrző rendszer feladata a **sugárveszélyes tevékenység környezetre gyakorolt hatásának nyomon követése. A környezetben a szennyező anyagok koncentrációja jelentősen csökken.**

A mérési feladatot jellemzik a lassan változó, alacsony sugárzási szintek. A fő kihívás a legalacsonyabb kimutatási határ elérése a lehető legrövidebb idő alatt, a természetes (pl.: radon) és mesterséges sugárzás szétválasztása, terjedés meghatározása. Feladatok:

- **Levegő aktivitás koncentráció mérése:** Levegőt át kell szívni aeroszol-, elemi-, szerves-, szervesetlen jód szűrőn (szeparált vagy kombinált szűrőn), majd a szűrőn kell mérni az aktivitást. A mérést végre lehet hajtani offline (minta vétel, majd mérés) vagy online (mintavétel közben mérés) módon. Offline nagy térfogatáramú a mintavevővel akár $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ -es kimutatási határ is elérhető, de az eredmény csak hetek múlva lesz meg.
- **Kihullás mérése.** A csapadékot be kell gyűjteni, majd minőségi és mennyiség analízist kell a mintán végezni.
- **Háttérsugárzás mérése.** Gamma környezeti dózisegyenérték-teljesítményt, $H^*(10)$ [Sv/h] kell mérni a szennyezést kibocsátó létesítmény körül. Mérési pontok helyének kijelölése tervezhető baleseti szimulációkkal.
- **Környezeti dózis terhelés mérése.** A hosszú távú környezeti hatások megfigyelése a környezetbe kihelyezett doziméterekkel. Pl.: A lakossági dózis korlátok betartásának igazolása.



7. Kibocsátás-ellenőrző rendszer



A Kibocsátás-ellenőrző rendszer feladata **kibocsátási útvonalon távozó radioaktív anyag mérése, kibocsátás szabályozása** és annak **igazolása**, hogy a sugárveszélyes tevékenység **nem bocsátott ki az engedélyezett kibocsátási szintnél nagyobb aktivitást**.

Szabályozás: 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről.

Halmazállapot alapján meg kell különböztetni **légnemű és folyékony kibocsátást**. Szilárd kibocsátás a radioaktív hulladékok kezelése és minősítése téma területéhez tartozik.

Az egyes kibocsátási pontokra a hatóság radioizotóponként éves kibocsátási korlátokat engedélyez. A határértéknek megfelelést izotópazonosítással, aktivitás meghatározással és térfogatáram-méréssel, lehet igazolni.

Mérési megoldások:

Offline mérés: Visszatartott és tárolt szennyezett levegő, víz kibocsátás előtti mintavétel, majd a minta mérése és minősítése. Hátránya, hogy emberi erőforrás- és időigényes.

Online mérés: A légtechnikába, illetve szennyvíz kezelő rendszerbe beépített mérő egység **automatizált módon** méri a **csőben közlekedő** vagy a **szűrőn felhalmozódott szennyeződést**.

Előnye: Adott szint feletti kibocsátás esetén azonnali beavatkozásra képes pl.: tartalék szűrőre átállás, recirkuláció, bekapcsolás, tároló beiktatás, hígítás, diszperzió.

Hátránya: magas kimutatási határ.

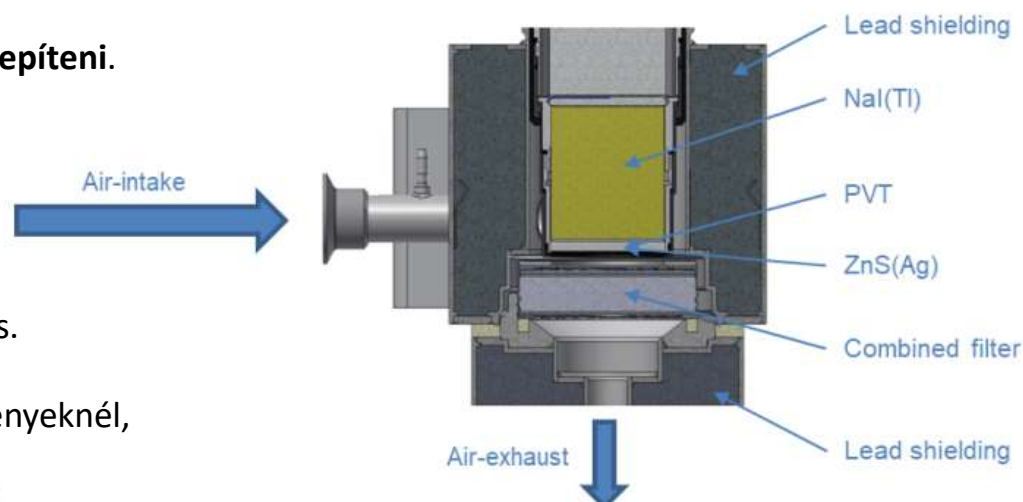
Normál üzemi és baleseti mérő rendszereket kell telepíteni.

Több rendszer képes mindkét állapotban működni.

Szűrőkön felhalmozódik a szennyezés, ezért az előző időszakhoz képesti aktivitás emelkedést kell meghatározni, de számolni kell a feleződés és a tartózkodási idővel is.

Nemesgáz és trícium mérése csak nukleáris létesítményeknél, áramlásos detektorokkal

Alfa, béta, gamma sugárzás mérése szűrőn



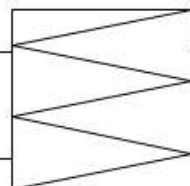
Forrás: OnRIM, <http://gammatech.hu/>

7. Kibocsátás-ellenőrző rendszer

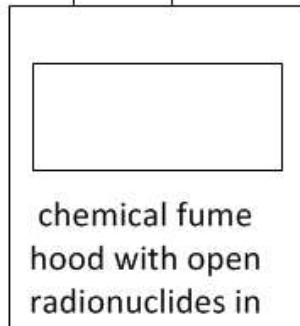
Légnemű radioaktív kibocsátás-ellenőrző rendszer szemléltető ábra

Hol lehet mérni: Csőben, technológia szűrőn, mintavételi ágban

BNS-298 surface contamination meter
mounted into the wall of the pipe



chimney



chemical fume
hood with open
radionuclides in



IH-99D collimated
and shielded high
dose tolerance
detector mounted
on the filter



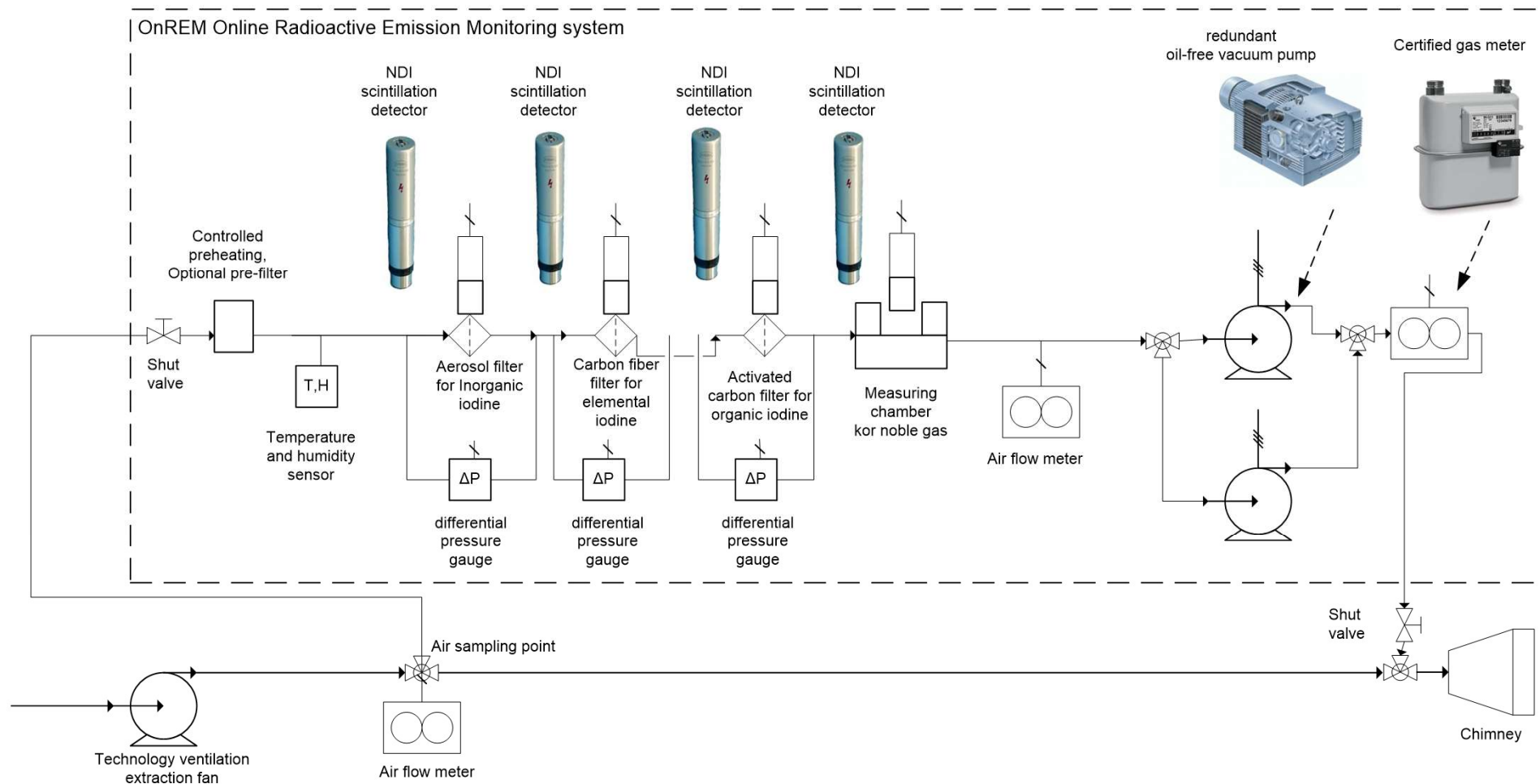
OnREM-lab
combined filtered
online emission
monitor



OnREM complex
online emission
monitor

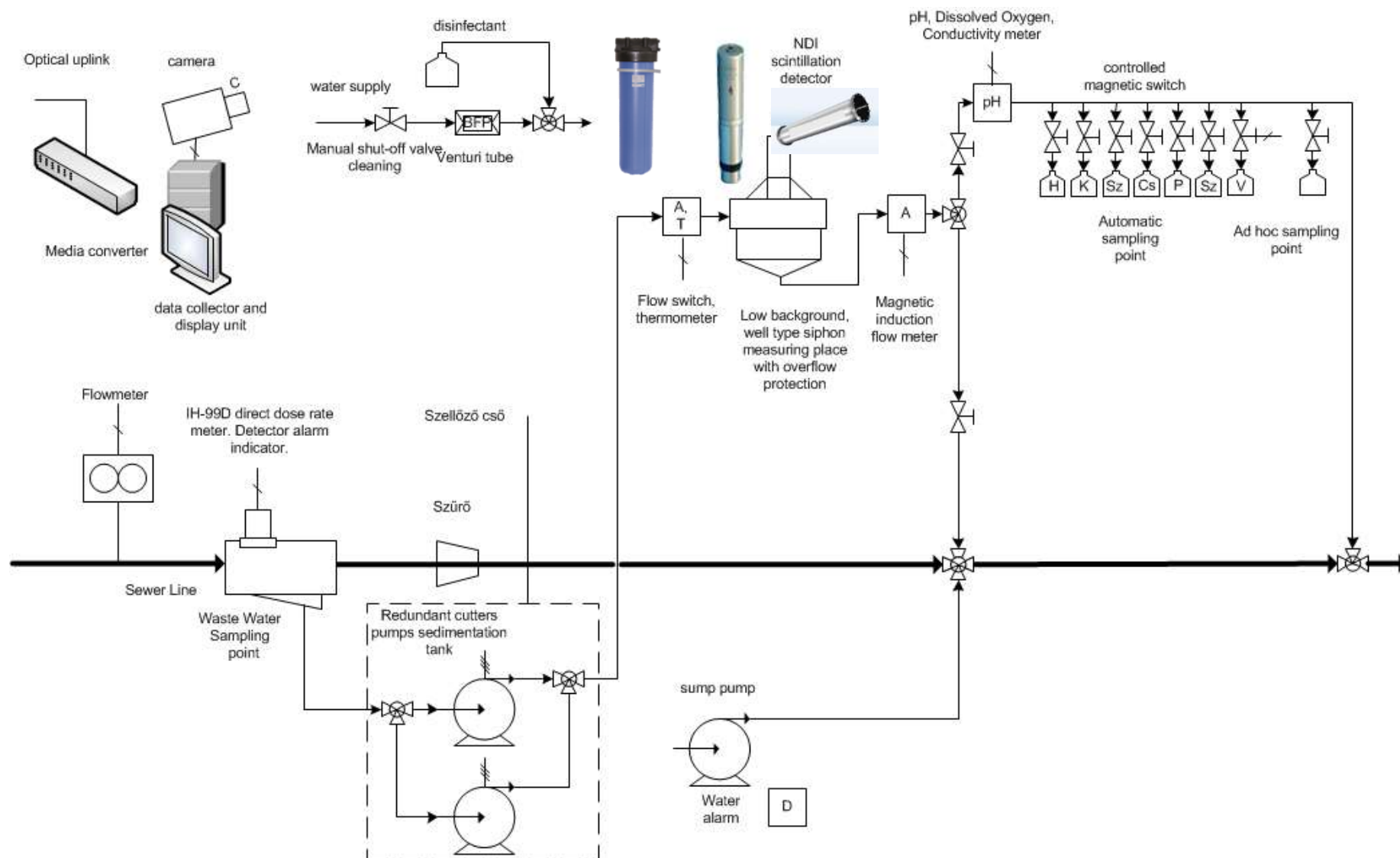
7. Kibocsátás-ellenőrző rendszer

Légnemű radioaktív anyag kibocsátás-ellenőrző rendszer működését szemléltető ábra



7. Kibocsátás-ellenőrző rendszer

Folyékony radioaktív anyag kibocsátás-ellenőrző rendszer működését szemléltető ábra



A **személyi dozimetria feladata** a sugárveszélyes tevékenységet végző **dolgozók külső forrástól származó sugárterhelésének megállapítása**. Személyi dózisegyenérték mérés, Hp(10), Hp(0,07) alapvetően gamma, de van béta és neutron dozimetria is.

Fajtái:

Aktív doziméterek. Előnye: közvetlen kijelzés és riasztás. Hátránya: drága, folyamatos energia ellátás szükséges.

Passzív doziméterek Előnye: Besugárzás közben nincs energia igénye, kis méretű, kevésbé sérülékeny. Hátránya: Csak utólagosan értékelhető ki, a doziméter maga olcsó, de a kiolvasó rendszer drága.

Filmdoziméter

Fekete-fehér fotográfiai film az ionizáló sugárzás hatására elszíneződik. Több réteggel több nagyságrendnyi dózist lehet átfogni. Eltérő érzékenyséű emulziós réteggel, szűrőzéssel lehet különböző sugárzási fajtákat, tereket mérni.

Az előhívott filmen fotométer (denzitométer) méri a keletkezett feketedés mértékét. Hátránya: egyszer használatos, az előhívás nehézkes, magas hőmérsékletre és páratartalomra érzékeny, alacsony érzékenység nagy energián.

Termolumineszcens (TL) doziméter

Bizonyos szilárd szigetelő anyagban (szervetlen kristály, üveg, kerámia) az ionizáló sugárzás hatására csapdába esett szabad elektronok és a lyukak egyesülnek és fény fotont emittálnak. A kilépő fény mennyiség arányos az elnyelt dózissal.

A kiolvasáshoz fotoelektron-sokszorozó (PMT) szükséges, létezik automata és kézi kiolvasó is.

Előnye: újra használható, különböző TLD anyagok különböző feladatokhoz.

Hátránya: kiolvasás után maradvány dózis, fading, komplex kifűtési görbék.

Optikailag stimulált lumineszcens (OSL) doziméter

Lumineszcencia kiváltása a csapdamélységnek megfelelő **hullámhosszú fénnel történő megvilágítással történik.**

Előnye: többször kiolvasható

Radiofotolumineszcens (RPL) doziméter

Ezüsttel aktivált foszfátüveg, amelyben ionizáló sugárzás hatására **stabil lumineszcens centrumok jönnek létre**. Ha a besugárzott dozimétert **UV fénnel megvilágítjuk**, az látható fényt bocsát ki, amelynek intenzitása arányos az üvegben elnyelt dózissal.

Előnye: nincs fading, és többször is kiolvasható.



7. Személyi dozimetria



Tolldoziméter

Kisméretű ionizációs kamrák, amibe be van építve egy **kvarcszálas elektrométer**, ennek kitérése arányos a kamra feszültségével, mikroszkóppal olvasható le. Előnye: **Közvetlenül leolvasható**. Hátránya: **szűk méréstartomány, ütésre érzékeny**.

Elektronikus doziméter

Kis méretű GM-csővel vagy szilícium diódával szerelt, elemes sugárzás mérő műszer.

Előnye: **Méri a dózisteljesítményt, a nullázástól számított dózist** és riasztási szint túllépésekor **fény- és hangjelzést ad**.

A historikus adatokat ment, az adatok számítógépre letölthetők.

Hátránya: **Pulzált sugárzási térben nem alkalmazható**, néhány 1000 üzemóra után elemet kell cserélni. A passzív doziméterekhez képest nehezek (50–150 g).

Neutron személyi dozimetria

Nincs olyan detektor, ami a termikustól 14 MeV-ig képes lenne mérni.

Magfotoemulzió

A filmanyagban lévő hidrogént a gyorsneutronok meglöki, az előhívott anyagban nyomat hagynak.

Hátránya: **gyors fading (1 hét)**, gamma keresztérzékenység.

Szilárdtest nyomdetektor

A neutron sugárzás egyes ásványokban, üvegekben és műanyagokban **szerkezeti károsodást hoznak létre**.

A felületet megfelelő marószerezrel kezelve, a **károsodott zóna sokkal gyorsabban maródik le**, mint az ép felület. Az anyagon **optikai mikroszkóppal látható mélyedések** keletkeznek.

Előnye: **fotonokra és elektronokra érzéketlen**

TLD albedo doziméterek

A test által lassított neutronok a testfelszínen visszaszóródott termikus neutronokat hoznak létre, ami mérhető **6LiF detektorral**. A gamma keresztérzékenységet 7LiF detektorral kompenzálják. A **7LiF nem érzékeny a termikus neutronokra**.

Előnye: Termikus és gyors neutronok szűrőzéssel külön mérhetőek.

Buborékdetektorok

Egy átlátszó műanyag csőben neutron hatására szabad szemmel látható cseppecskék jönnek létre. A keletkezett buborékok száma arányos a neutronok testszövet dózisával.



Köszönöm a figyelmet!
Kérdések?