

Magas gamma dózisteljesítmény mellett történő felületi szennyezettség mérése intelligens detektorokkal



Petrányi János

Fejlesztési igazgató /
Nukleáris Divízió vezető

Gamma ZRt.

Tartalom

- Felületi szennyezettség mérés
- Algoritmus
- Alkalmazások:
 - Mentésítés hatékonyságmérés
 - Gyalogos felderítés
 - Kibocsátás ellenőrzés
 - Összbéta számlálás

Bevezetés

Normál körülmények között felületi szennyezettség mérésre GM csővel szerelt vagy plastik szcintillációs detektor használható.

1. Műszert kalibrálják/hitelesítik etalonokkal
 - a. Kalibrálás: rendszeres időközönként, felhasználó függő
 - b. Hitelesítés: 2 évente
2. Működés ellenőrzés (teszt forrással)
3. Háttérmérés lehetőleg minden mérési sorozat előtt
4. Mérés

Méréstechnikai kihívás

Mi van, ha a háttérsugárzás nem állandó?

- Offline dörzsminta vétel utólagos kiértékelés

Előnye: a háttértől teljesen független

Hátránya: sokáig tart, dörzsölési hatásfok meghatározás

- Online két műszer alkalmazása: 1 db béta + gamma és 1 db gamma sugárzás mérő

Előnye: A mért gamma értékekkel azonnal kompenzálható

Hátránya: 2 detektor kell hozzá

Felületi béta szennyezettség távadó

Online mérést érdemes alkalmazni ha:

- A mérendő felület nagy kiterjedésű, nem egyenletesen szennyezett → nehéz a reprezentatív mintavétel
- Nem lehet hozzáférni a felülethez, hogy a dörzsölést megfelelően végre lehessen hajtani
- Nincs elég idő felületi mintavétel végrehajtására, a mérési eredmény kiváráására
- A felületi szennyezés mértékét/változását folyamatosan nyomon kell követni

Alkalmazás: Mentésítés hatékonyság mérés

Feladat: 2003 Paks elszennyeződött pihentető medence szennyezettség mérése BNS-298 műszerrel.

- A műszer rendelkezik egy összegzett béta-gamma, és egy gamma dózisteljesítmény távadóval
- Detektorokban végablakos nagy felületű, nagy térfogatú Geiger-Müller cső
- Gamma detektor előtt alumínium lemez árnyékolás, béta-gamma detektor előtt $0,9 \text{ mg/cm}^2$ felületi sűrűségű fólia
- A két intelligens távadó külön-külön végezte a mérést, a béta felületi szennyezettség számítógépes adatfeldolgozással került meghatározásra



Alkalmazás: Mentésítés hatékonyság mérése

- Mérés előtt háttérmérés – béta detektorra béta-szűrő - majd azt levéve indult a szennyezettség mérése
- A számítógépes program folyamatosan számolta a szennyezettséget a gyűjtött adatokból
- Mérés időtartama: amíg a pontosság és a kimutatási határ le nem csökkent az előírt érték alá, vagy a mérési idő le nem járt
- Több sikeres mérés is lezajlott – az eredmények segítettek a rekonstrukciós munkák végrehajtásában



Algoritmus

$$D_b = (D_2 - D_1 \cdot K_f) \cdot H_b$$

D_b : Béta szennyezettség

D_2 : Béta + gamma detektor által mért dózisteljesítmény

D_1 : Gamma detektor által mért dózisteljesítmény

K_f : Gamma és a béta + gamma detektor együttfutását korigáló faktor

H_b : Béta + gamma detektor béta hatásfoka

Algoritmus

h_b : Statisztikus hiba

$$h_b = H_b \cdot \sqrt{D_2^2 \cdot h_2^2 + D_1^2 \cdot K_f^2 \cdot h_1^2} / D_b$$

H_b : Béta + gamma detektor béta hatásfoka

D_2 : Béta + gamma detektor által mért dózisteljesítmény

h_2 : D_2 2 σ becsült statisztikus hibája

D_1 : Gamma detektor által mért dózisteljesítmény

K_f : Gamma és a béta + gamma detektor együttfutását korrigáló faktor

h_1 : D_1 2 σ becsült statisztikus hibája

D_b : Béta szennyezettség

Gyalogos felderítés

- Nukleáris baleset elhárítás lényeges eleme a gyalogos sugárfelderítés
- Ennek egy alkalmazott módszere: 2 felderítő, az egyik 1 méteresen méri a gamma háttérsugárzást, a másik a talajhoz közel mér béta+gamma detektorral. Ezután papíron a mérési eredményekből kiszámolják a felületi szennyezettség értéket
- Ennek a módszernek a korszerűsítésére lett kifejlesztve az IH-295 műszer

Gyalogos felderítés

- Hasonló működési algoritmus, mint a BNS-298 esetén, de a PC szerepét egy mikrokontroller vette át
- Mikrokontroller - kis helyen alacsony fogyasztás mellett az eredmény ugyanaz mint egy PC-n
- Gyorskeresési funkció – mérési eredmény 2 másodpercenként is látható
- A mért szennyezettség és dózisteljesítmény adatok a kivehető memóriára kerülnek a GPS koordinátákkal együtt



Gyalogos felderítés

- Hagyományos keresési algoritmus alacsony dózisteljesítmény mellett annyi utolsó pillanatértékből képez átlagot, amennyi szükséges a megengedett statisztikus ingadozáshoz
- Ez sugárzás növekedéskor gyors beállást, csökkenéskor azonban akár 4 perces beállási időt is eredményezhet – nem elfogadható
- Gyors keresési algoritmus folyamatos átlagot képzés míg szignifikáns változás nem következik be – ekkor 3 ciklus idejére pillanatérték – majd előlről indul az átlagolás. Kisebb statisztikus ingadozást eredményez; gyorsabban reagál

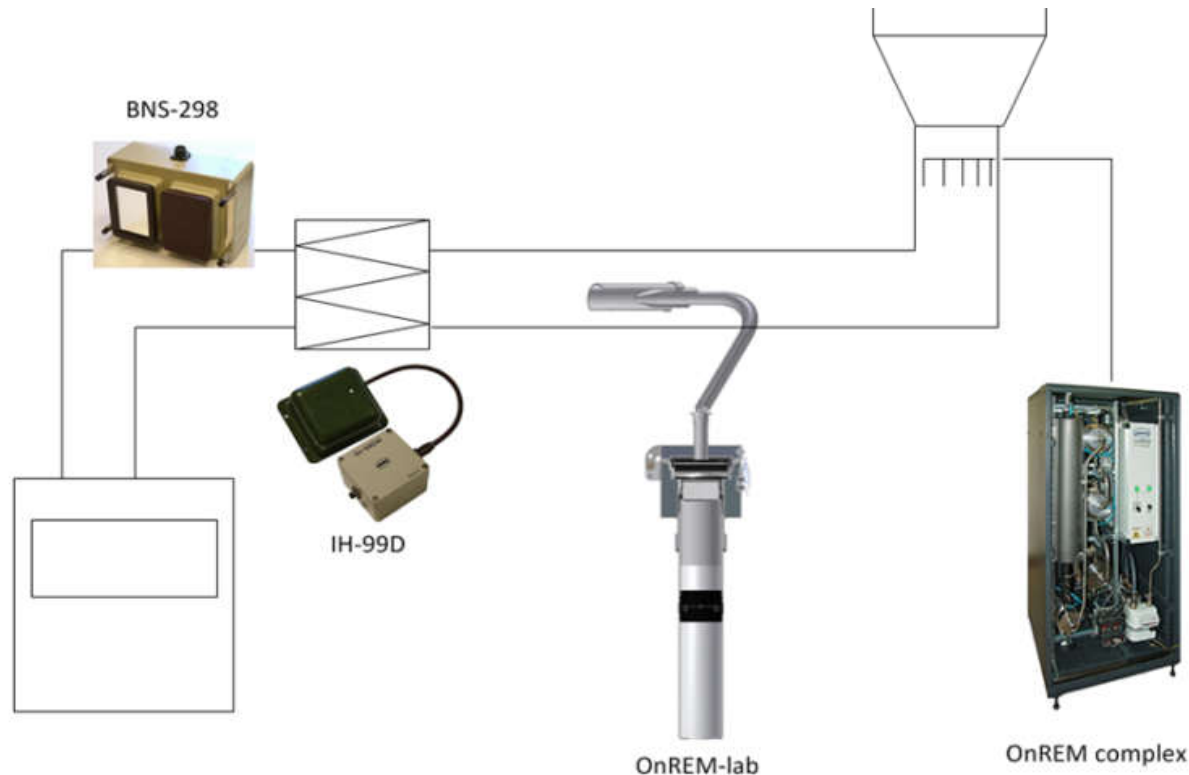
Online kibocsátás ellenőrzés

- A már megismert béta mérési algoritmus alkalmazható a kibocsátás ellenőrzés területén is
- Mérési feladat az Izotóp Intézet Kft. légtechnikai rendszerében – a csővezetékben elhaladó radioaktív szennyeződések kimutatása változó gamma háttér mellett
- A területen levegő minta vétel, szűrőpatronon végzett offline mérések már régóta zajlottak
- A cél olyan online mérési megoldás keresése volt, amely kielégíti a technológiai, sugárvédelmi monitoring követelményeket

Online kibocsátás ellenőrzés

Különböző mérési lehetőségek:

1. Elszívott levegő radioaktív tartalmának mérése
2. Technológiai szénen való közvetlen mérés
3. Közvetlenül a csőben történő mérés



Online kibocsátás ellenőrzés

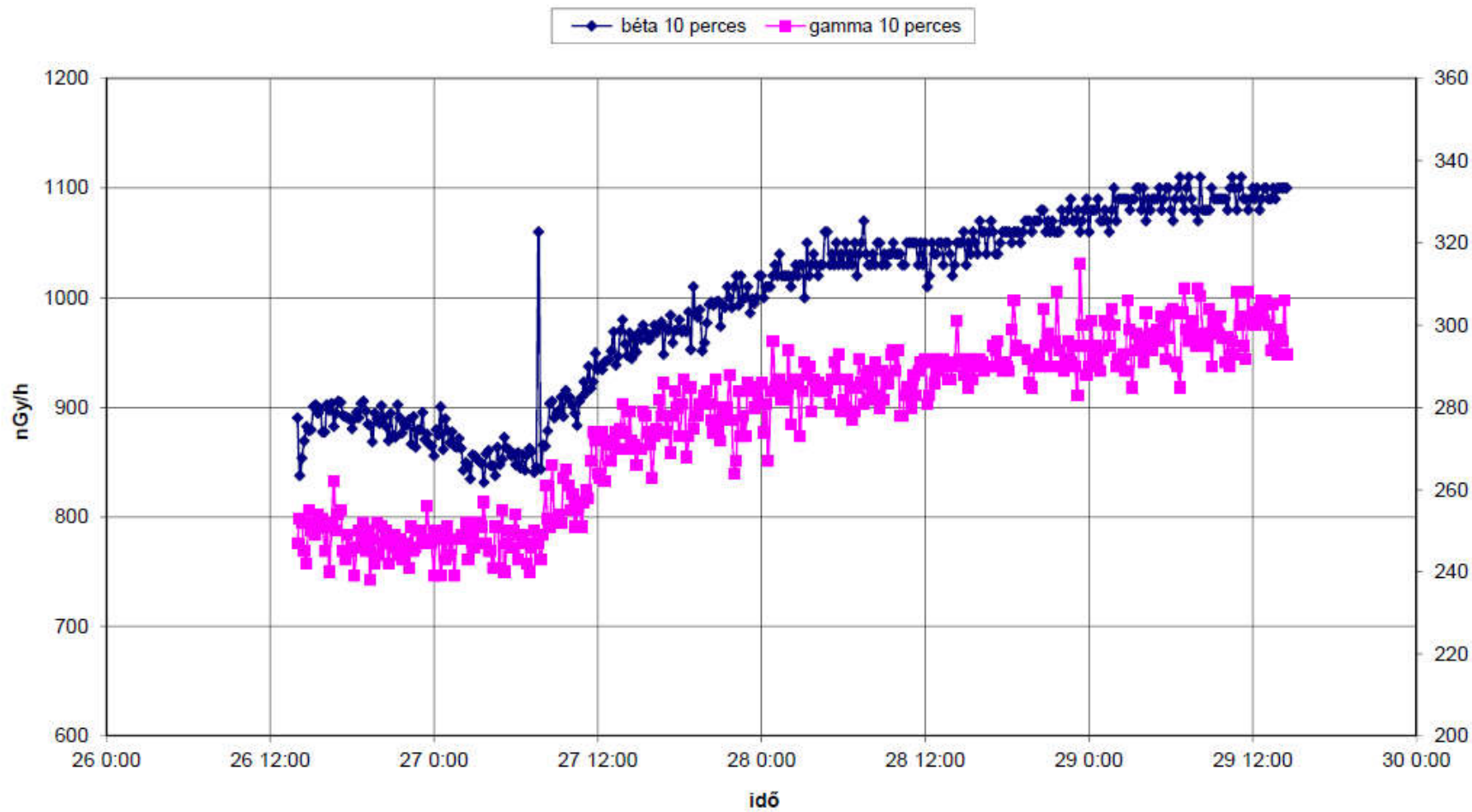
1. Elszívott levegő radioaktív tartalmának mérése
Minta mérése – térfogatarányok kompenzálásával a teljes rendszerre az aktuális aktivitás koncentráció és a kibocsátott aktivitás mérése – akár izotóp szelektív módon
Hátrány – gamma háttérváltozásokat hozzászámolhatja az eredményhez – magasabb eredmények.
2. Technológiai szénen való közvetlen mérés
Méréstechnikai nehézségek – szűrőkön igen magas aktivitás kötődhet meg – széles méréstartományú detektor szükséges.
Előny – technológiai folyamatok jól nyomon követhetőek.

Online kibocsátás ellenőrzés

3. Közvetlenül a csőben történő mérés

- Több detektorral mérés – BNS-298 – egy összegzett béta-gamma, és egy gamma dózisteljesítmény távadóval.
- A műszer a szűrőket megelőzve, közvetlen a csőbe lett elhelyezve az „összeömlő” helységben.
- Nehézség – nagyon rövid tartózkodási idő.
- Csak ez a mérési összeállítás tudta kompenzálni a háttér ingadozást.
- A mérések alapján tervezték az új sugárvédelmi és légtechnikai rendszert.
- Állandó mérőeszközként csak az első két megoldás került megvalósításra.

Kibocsátás ellenőrzés



Kibocsátás mérési eredménye
légtechnikai csőben

Összbéta számlálás

- A minta térfogati béta aktivitásának meghatározása a cél.
- 2 intelligens szcintillációs detektor dolgozik együtt alacsony háttérű mérőhelybe integrálva.
- Szendvics kialakítású szcintillációs kristályokkal szelektálni lehet – akár 1 detektorral is lehet hasonló méréseket végezni.



Összbéta számlálás

- A minták a mintatartóban a háttértől árnyékolt szcintillációs detektorok elé kerülnek – felső detektor béta+gamma érzékeny, alsó csak gamma
- A béta koncentráció meghatározás egyidejűleg történik – szendvics kristály különböző rétegeiben keletkező impulzusok szélessége eltérő – az intelligens szcintillációs detektor jelalak diszkriminátora válogatja szét
- Alsó detektor egyidejűleg előállítja a gamma amplitúdó spektrumot, ez háttérlevonásra használható



Összefoglalás

- A 2 detektoros mérési elrendezés lehetővé teszi a gamma sugárzás ingadozásának azonnali kompenzálását.
- A mérés közbeni folyamatos gamma kompenzálás algoritmusá több területen is használható.
- Egyaránt bevethető a gyalogos felderítésnél, kibocsátás ellenőrzéskor és labor analitikai mérésekben.
- Lehetséges alkalmazások köre lényegesen szélesebb az itt említetteknél.

Köszönöm megtisztelő
figyelmüket!