



IZOTÓP INTÉZET KFT.
Sugártechnikai Üzletág

Levélcím: H-1535 Budapest, Postafiók 851.

Tel: 391-0891

Fax: 886-8924

V2.0

MINIRAY SM 2000X

Sugárvédelmi dózisteljesítmény-mérő
Műszaki leírás és használati utasítás

Tartalomjegyzék

1. Alkalmazás
2. Műszaki adatok
 - 2.1 Alkalmazott detektor típusa
 - 2.2 Mértékegység
 - 2.3 Mérési tartomány
 - 2.4 Kijelzési határok
 - 2.5 Kijelző
 - 2.6 Időálló
 - 2.7 Mérési pontosság
 - 2.8 Energiafüggés
 - 2.9 Irányfüggés
 - 2.10 Kitüntetett mérési irány
 - 2.11 Üzemi hőmérséklet tartomány
 - 2.12 Hőmérséklet változás hatása
 - 2.13 Nedvességtartalom
 - 2.14 Nyomás
 - 2.15 Működési helyzet
 - 2.16 Bemelegedési idő
 - 2.17 Hangjelzés
 - 2.18 Tápfeszültség
 - 2.19 Telepfeszültség teszt
 - 2.20 Működési idő
 - 2.21 Tokozás
 - 2.22 Méret
 - 2.23 Súly
 - 2.24 Típus, gyártási szám
 - 2.25 Tartozékok
3. Használati utasítás
 - 3.1 A mérés módja
 - 3.1.1 Bekapcsolás

- 3.1.2 Mérés
 - 3.1.3 Háttérsugárzás mérése
- 3.2 Telepcsere
- 3.3 Karbantartás
 - 3.3.1 Hitelesítés
 - 3.3.2 GM-cső csere
 - 3.3.3 Tisztítás
- 4. A radioaktív sugárzással kapcsolatos alapfogalmak
 - 4.1 Radioaktivitás, radioaktív izotópok
 - 4.2 Statisztikus ingadozás
 - 4.3 Felezési idő
 - 4.4 Aktivitás
 - 4.5 A radioaktív sugárzás elnyelődése
 - 4.5.1 Árnyékolás
 - 4.5.2 Felezőréteg
 - 4.6 A radioaktív sugárzás hatásának mérése
 - 4.6.1 Dózis
 - 4.6.2 Dózisteljesítmény
 - 4.6.3 Dózisegyenérték
 - 4.7 A radioaktív sugárzás biológiai hatása
 - 4.8 A lakosság dózisterhelése
 - 4.9 Védekezési módok
 - 4.9.1 A besugárzási idő csökkentése
 - 4.9.2 Távolságvédelem
 - 4.9.3 Árnyékolás

1. ALKALMAZÁS

A MINIRAY SM 2000 X típusú berendezés egy sugárvédelmi dózisteljesítmény-mérő eszköz. Alapvetően gamma- illetve röntgen sugárzás *mérésére* alkalmas.

A készülékben alkalmazott detektor egy vékony üvegfalú *Geiger-Müller (GM) számlálócső*, amely lehetővé teszi, hogy béta sugárzást *érzékeljünk*.

A készülék automatikusan beállítja a megfelelő méréshatárt.

Az SM 2000 X egy zsebben hordozható műszer és a kezeléséhez csak egy gomb folyamatos nyomvatartására van szükség, ami a műszer használatát nagyon megkönnyíti.

A három és fél digitális LCD kijelző jó leolvashatóságot biztosít és lehetővé teszi az automatikus méréshatárváltás kijelzését, a tizedespontok megfelelő átállításával.

Alapvető alkalmazási területe:

A mérőeszköz alkalmas joghatással járó sugárvédelmi dózisteljesítmény-mérésre ill. ellenőrzésre a fentiekben leírtak szerint.

Felhasználási terület:

- sugárzó anyagokkal foglalkozó ipari, tudományos laboratóriumoknak, oktatási intézményeknek, rendőrségi, tűzoltósági, polgári védelmi szervek számára
- ipari sugárvédelmi mérésekre az üzemek, vállalatok sugárvédelmi felelőseinek
- orvosi röntgen és izotóplaboratóriumok sugárvédelmi méréseihez
- lakossági felhasználásra a *háttérsugárzás* méréseire

2. MŰSZAKI ADATOK

2.1 Detektor típusa:	VA-Z-115.1 (Geiger-Müller számláló) Felhasználható dózisteljesítmény-mérésre béta és gamma sugárzás esetén kb. 0,5 R/h értékig
• ajánlott anódfeszültség:	450 V
• nullefektus:	kb. 35 imp/min
• élettartam:	kb. 10^{10} imp
• működési hőmérséklet-tartomány:	-50...+70°C
• fal felületi súlya:	35...55 mg/cm ²
• aktív hossz:	27 mm
• töltőgáz:	neon-halogén keverék
2.2 Mértékegység:	μSv/h (ejtsd mikroszivert per óra) Ez a mértékegység a környezeti dózis-egyenérték teljesítményre jellemző szám. A mértékegység jele fel van tüntetve a műszer kijelző digitjei középvonalának magasságában.
2.3 Mérési tartomány:	1,00...2000 μSv/h három, automatikusan beálló méréshatárban
2.4 Kijelzési határok:	0,00...15,00 μSv/h 13,00...150,0 μSv/h 130,0...2000 μSv/h
2.5 Kijelző:	három és fél digités LCD kijelző LO BAT alacsony telepfeszültség jelzés A legmagasabb helyiértéken megjelenő 1-es karakter a működésképtelenséget jelzi

- 2.6 Időálló:** kb. 5 másodperc
- A készülék a kívánatos mérési pontosság elérése miatt és a statisztikus ingadozás megfelelő kiküszöbölésére passzív, kettős integrálással dolgozik.
- 2.7 Mérési pontosság méréshatáronként:**
- 1...15 $\mu\text{Sv/h}$ $\pm 20\%$
 - 13...150 $\mu\text{Sv/h}$ $\pm 20\%$
 - 130...2000 $\mu\text{Sv/h}$ $\pm 20\%$
- 2.8 Energiafüggés:** $\pm 20\%$ foton sugárzásra 80 keV és 3 MeV között
- 2.9 Irányfüggés:** $\pm 20\%$ 250 fokos kúpszögben
- 2.10 Kitüntetett mérési irány:** a doboz kijelző feletti élére merőleges irány
- Az érzékelő a műszerdoboz kijelző feletti részében foglal helyet. Az érzékelő helyzetének pontos meghatározására szolgál az a két jelzés, amelyek a doboz elején ill. hátoldalán találhatóak.
- 2.11 Üzemi hőmérséklet-tartomány:** $0^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$
- 2.12 A hőmérséklet változás hatása:** $< 10\%$
- 2.13 Nedvességtartalom:** 0...85% relatív
- 2.14 Nyomás:** 600...1300 mbar
- 2.15 Működési helyzet:** a térbeli elhelyezkedéstől függetlenül működtethető.
- 2.16 Bemelegedési idő:** nincs
- 2.17 Hangjelzés:** beépített kerámia zümmögő
- alsó kijelzési tartomány: minden beérkező részecske ad hangjelzést (0,00...14,00 $\mu\text{Sv/h}$)

• két felső kijelzési tartomány: a hangjelzés folyamatos és a műszer működőképességének indikálására szolgál

A hangjelzés megszűnése a műszer mérésképtelenségét jelzi. (Például a detektor számára feldolgozhatatlanul nagy szintet kellene mérni.)

2.18 Tápfeszültség: 1 db 9 V-os elem (6LR61, 6AM6, 6LF22 tip.)

2.19 Telepfeszültség teszt: automatikus

Amennyiben a telepfeszültség a megengedett alá csökken, akkor a kijelzőn megjelenik a LO BAT felirat, ami egyértelműen jelzi, hogy a műszerrel tovább mérni tilos és telepet kell cserélni.

2.20 Működési idő:

• normál 9 V-os elemmel: kb. 40 óra

• alkáli-mangán elemmel: kb. 100 óra

A műszer csak addig fogyaszt az elemből, amíg a gombot nyomva tartjuk.

2.21 Tokozás: mechanikai és por elleni védelmet biztosító, zsebben hordozható műanyag tok

2.22 Méret: 150*80*30 mm

2.23 Súly: kb. 300 g (elem nélkül)

2.24 Típus, gyártási szám:

• típusnév: MINIRAY SM 2000 X

• gyártási szám: a doboz hátoldalán látható címkén van, amely feltünteti a gyártó nevét is

Miniray SM 2000 X

2.25 Tartozékok:

- Műszaki leírás (Használati útmutató)
- Hitelesítési bizonyítvány (csak az OMH hitelesítéssel megrendelt készülékekhez)

3. HASZNÁLATI UTASÍTÁS

3.1 A mérés módja

3.1.1 Bekapcsolás

A készülék előlapján található gomb benyomásával történik. A gombot mindaddig nyomva kell tartani amíg a mérést folytatni kívánjuk.

Nyílt készítményekkel dolgozó laboratóriumokban, illetve ahol a készülék sugárszennyeződésének veszélye fennáll célszerű a műszert egy átlátszó műanyag zacskóba tenni, amit szennyeződés esetén egyszerűen lehet cserélni. Ezzel megtakarítható a dekontaminálásra fordítandó idő.

3.1.2. Mérés

A készülék homloklapjával párhuzamosan, az LCD kijelző felett helyezkedik el a detektor (GM cső). Így mérés esetén a készülék homloklemezét közelítsük a lehető legjobban a mérni kívánt sugárzáshoz. A műszer beállítására a gomb megnyomását követő 8-10 másodpercben kerül sor, amely idő alatt a gomb természetesen megnyomva tartandó. A mondott idő eltelte után olvashatjuk le a kijelzőről a mérési eredményt. Igen fontos, hogy sorozatmérések esetén *minden leolvasás előtt ki kell várni ezt az időtartamot, különben a mérési eredmények nem tekinthetők függetlennek egymástól.*

Tegyük fel, hogy a fentiek szerint végzett egymást követő leolvasások a következő eredményeket adják:

1041
1025
1063
1028
1032

A mérési eredmények a sugárzás statisztikus jellege miatt kis mértékben eltérnek egymástól, de egy határozott középérték körül ingadoznak. Az ismeretlen középértékre jó közlelítést ad az egyes leolvasások átlaga.

1041	+1%
1025	-2%
1063	+3%
1028	-0,5%
+1032	-0,2%
$\overline{5174} : 5 = 1035$	0%

A papíron végzett átlagolás 1035 $\mu\text{Sv/h}$ értéket ad a keresett középértékre. Az egyes mérési eredmények mellett feltüntettük az átlagtól való relatív eltérést is. A példában megadott mérési eredményeket vizsgálva, azt tapasztaljuk, hogy azok bármelyikét megadhattuk volna végeredményként, hiszen az átlagtól $\pm 5\%$ -nál nem térnek el jobban.

A papíron végzett átlagolás akkor ajánlható, ha az ingadozás különösen nagy. A relatív ingadozás annál nagyobb, minél kisebb a mért érték. Ez különösen a háttérmérés esetén áll fenn.

A készülék detektora a béta sugárzást is érzékeli. Ha felmerül annak a lehetősége, hogy kevert térben (gamma és béta sugárzás együttes jelenlétében) kell dózisteljesítményt mérni, akkor egy kb. 5...10 mm vastag plexi vagy műanyag lemezzel leárnyékolhatjuk a béta sugárzást.

3.1.3. Háttérsugárzás mérése

A gombot benyomva, ha semmiféle sugárforrás nem található a közvetlen környéken, a háttérsugárzást fogjuk mérni. Mivel a háttérsugárzás meglehetősen kicsi, ezért a kijelzőn egymástól igencsak különböző értékek jelennek meg. Ennek magyarázata az, hogy a detektorra beérkező részecskék között eltelő idő és a mérési időállandó összemérhető. Ezért, hogy mégis helyes mérési eredményt lehessen kapni, élni kell az előzőekben megismert átlagolási módszerrel. Megjegyezzük, hogy az 1,00 $\mu\text{Sv/h}$ alatti tartományban a műszer által jelzett érték nem tekinthető hitelesnek.

Példa:

Nyomja meg a gombot és tartsa lenyomva, mondjuk 100 másodpercig! Tíz másodpercenként olvassa le a kijelzőn található számot és írja fel! Tegyük fel, hogy az egymás utáni leolvasások a következő értékeket szolgáltatják:

Sorszám	Leolvasás ideje [sec]	Leolvasás
1.	10.	0,24
2.	20.	0,35
3.	30.	0,22
4.	40.	0,13
5.	50.	0,14
6.	60.	0,24
7.	70.	0,31
8.	80.	0,01
9.	90.	0,09
10.	100.	0,16
Összesen		1,89

Számítsuk ki a mérési eredmények átlagát!

$$1,89 / 10 = 0,19 \mu\text{Sv/h}$$

Tehát az adott helyen, az adott időpontban a héttérsugárzás által produkált dózisteljesítmény

$$0,19 \mu\text{Sv/h.}$$

Az átlagot összehasonlítva az egyes mérési eredményekkel igen nagy eltérést tapasztalhatunk. Ez indokolja, hogy valós mérési eredménynek csak az átlagot fogadjuk el.

3.2. Telepcsere

Alkáli-mangán telepek használata esetén a készülék több mint 100 üzemórán keresztül képes működni. Az elem kimerülését jelzi, ha a műszer bekapcsolt állapotában a kijelzőn megjelenik a LO BAT felirat. Ebben az esetben a kijelzett értéket nem tekinthetjük mérési eredménynek. A mérést csak a telep cseréje után szabad folytatni.

A telep cseréje az alábbiak szerint történhet:

- A készüléket fektessük az előlapjára!
- A doboz hátlapjának alsó részén lévő két csavar kivétele után vegyük le a teleptartó fedelét!
- A régi elemet távolítsuk el!
- Helyezzük be az új elemet a teleptartóban található polaritásjelzésnek megfelelően!
- Csavarozzuk vissza a teleptartó fedelét!
- Bekapcsolással ellenőrizzük a műszer üzemképességét!

Az üzemkésztség egyszerűen ellenőrizhető úgy, hogy bekapcsolva tartjuk a készüléket egészen addig, amíg a háttérsugárzásból egy részecske eléri a detektort. Erre valószínűleg több másodpercig kell várni. Ekkor hangjelzést hallunk és egyidejűleg a kijelzőn is megjelenik egy nullától különböző számérték.

VIGYÁZAT!

A készüléket csak az elem kivétele után szabad szétszedni, mert a belsejében működés közben nagyfeszültség van!

3.3 Karbantartás

A készülék a telepcserén kívül az alábbi karbantartási feladatok elvégzését igényli:

3.3.1. Hitelesítés

A mérésekre vonatkozó szabványok ill. törvényes rendelkezések előírják, hogy *joghatással járó mérést csak hiteles mérőeszközzel lehet végezni*. Az

ilyen mérésekhez a készüléket az előírások szerint kétévenként hitelesíttetni kell. A hitelesítést az Országos Mérésügyi Hivatal illetékes osztályánál lehet megrendelni.

3.3.2. GM-cső csere

A GM-cső elhasználódásának függvényében, illetve öt évenként az elhasználódástól függetlenül.

3.3.3. Tisztítás

Szappanos, nedves ruhával illetve alkoholos letörléssel lehetséges. Mosni nem szabad!

4. A RADIOAKTÍV SUGÁRZÁSSAL KAPCSOLATOS ALAPFOGALMAK

4.1 Radioaktivitás, radioaktív izotópok

Az elemeknek több, különböző atomsúlyú változata létezik, melyek a legtöbb fizikai és kémiai tulajdonsága megegyezik. Ezeket *izotópoknak* nevezzük. Az elnevezés az "azonos hely" görög elnevezéséből származik. Ez arra utal, hogy ezek az atommagok a periódusos rendszer azonos helyén vannak.

Az izotópokat úgy különböztetjük meg egymástól, hogy az elem jele mellett feltüntetjük az atommagot alkotó részecskék számát, a *tömegszámot* is. A káliumnak például létezik 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 és 44 tömegszámú izotópja. A megfelelő jelölések ^{37}K , ^{38}K ... ^{44}K .

Egy adott elem izotópjai az atommagjukban található semleges részecskék (a neutronok) számában különböznek egymástól. Ez a különbség alig befolyásolja az anyag kémiai tulajdonságait, az atommag szerkezetében azonban nagy változásokat okoz. Bizonyos részecskeszámoknál az atommagok instabillá válnak, és hosszabb-rövidebb idő elteltével átmennek egy számukra kedvezőbb állapotba, miközben emberi érzékszervekkel nem észlelhető, de megfelelő műszerekkel jól kimutatható sugárzást bocsátanak ki. Ez a jelenség a *radioaktivitás*, és azokat az izotópokat, amelyek ilyen átalakuláson mennek keresztül, *radioaktív izotópoknak* nevezzük. Magát az átalakulást közönségesen csak *radioaktív bomlásként* szokták emlegetni.

A fent felsorolt kálium izotópok közül a ^{37}K , ^{38}K , ^{40}K , ^{42}K , ^{43}K , ^{44}K változatok sugároznak, ezek radioaktív izotópok, a többi nem sugárzó (stabil) izotóp.

A radioaktív izotópok magjában lezajló átalakulások nagyon változatosak. Az átalakulást kísérő sugárzások között megkülönböztetünk alfa, béta, gamma és neutron sugárzást. A Miniray sugármérő ezek közül a *béta* és a *gamma* sugárzás észlelésére alkalmas. A béta sugárzás gyors elektronokból áll. A gamma sugárzás a közönséges fényhez hasonlóan fotonokból áll.

4.2 Statisztikus ingadozás

A radioaktív izotópok átalakulása nem egyszerre megy végbe, az átalakulásra váró magoknak nem egyforma az élettartama. Az átalakulás *statisztikus törvényszerűségek* szerint zajlik le. A magok élettartama helyett az átalakulás időegységre eső *valószínűsége* jellemzi a folyamatot. A folyamat statisztikus jellegének mélyreható következményei vannak a radioaktivitás mérésére és a mérési adatok értelmezésére vonatkozóan.

A radioaktivitás mérésénél ugyanazt a mérést többször egymás után elvégezve különböző mért értékeket kapunk. Nagyon sokszor megismételve a mérést, azt tapasztaljuk, hogy az eredmények egy bizonyos érték körül sűrűsödnek. Ez a mérendő mennyiség *várható értéke*. A mért értékek ennek közelítései.

Azt a jelenséget, hogy a mért értékek a várható érték körül ingadoznak *statisztikus ingadozásnak* nevezzük. Ez nem a mérőkészülék hibája, hanem a radioaktivitás természetéből következik. A statisztikus ingadozást nem lehet megszüntetni, de a jelentősége annál kisebb, minél több bomlási folyamatot sikerül regisztrálni. *Ha túl nagy a statisztikus ingadozás, akkor az egyes mért értékek a várható értéknek csak durva közelítését adják. Ilyenkor több mérési eredményt átlagolva kaphatunk jobb közelítést a mérendő mennyiség várható értékére.*

4.3 Felezési idő

A radioaktív izotópok átalakulása úgy zajlik le, hogy *egy adott anyagmennyiségben egységnyi idő alatt a még átalakulásra váró magoknak mindig azonos hányada alakul át*. Ha egy radioaktív izotóp atommagjában lezajlott az átalakulás, akkor az a mag többé nem vesz részt ugyanabban az átalakulásban. A lezajló átalakulások tehát csökkentik az átalakulásra váró magok számát. Előfordul, hogy az új állapot sem stabilis. Ilyenkor idővel újabb átalakulásra kerül sor, de ez az előző átalakulást nem befolyásoló folyamat.

Példaképpen tekintsünk egy olyan radioaktív izotópot, amelynek egy hét alatt a kétharmada lebomlik. Így egy hét után a kezdeti mennyiség egy

harmadára csökken az átalakulásra váró magok száma. Egy újabb hét múlva ennek is csak az egy harmada, azaz a kezdeti mennyiség egy kilencede marad.

Azt az időtartamot, amely alatt valamely radioaktív izotóp mennyiségének a fele lebomlik, az illető anyag *felezési idejének* nevezzük. A felezési idő a radioaktív izotópok fontos fizikai állandója. Van olyan izotóp, amelyeknek a felezési ideje kisebb a másodperc tört részénél, és olyan is akad, amelyiké több tízezer év. Az alábbi táblázatban megadjuk néhány, az ipari mérés technikában használt radioaktív izotóp felezési idejét:

Elem neve	Jele	Felezési idő	Sugárzás
Kobalt	^{60}Co	5,26 év	gamma
Stroncium	^{90}Sr	28,1 év	béta
Cézium	^{137}Cs	30 év	gamma
Americium	^{241}Am	458 év	gamma

4.4 Aktivitás

A radioaktív anyag által kibocsátott sugárzás mennyisége egyenesen arányos az adott anyagmennyiségben lezajló átalakulások számával. A magátalakulások gyakoriságának mértéke az *aktivitás*. Ez fontos jellemzője a sugárzó anyagoknak. Az aktivitás egy adott - a felezési időhöz képest rövid - idő alatt lezajló magátalakulások száma elosztva az időtartammal. A felezési időnél mondottak szerint egy adott sugárforrás aktivitása az idővel csökken.

Az aktivitás egysége a *becquerel*¹ (ejtsd bekerel), jele Bq. Egy becquerel az aktivitása annak a forrásnak, melyben időegységenként átlagosan egy magátalakulás zajlik le. A becquerel a gyakorlat számára túlságosan kis egység, ezért általában a többszöröseivel, a kBq-rel (kilobekerel), a MBq-rel (megabekerel) és a GBq-rel (gigabekerel) találkozunk. Ezek rendre ezer, millió és milliárd becquerelt jelölnek.

¹A. H. Becquerel (1852 - 1908) Nobel-díjas francia fizikus, a természetes radioaktivitás felfedezője.

4.5 A radioaktív sugárzás elnyelődése

4.5.1 Árnyékolás

A sugárzások részecskéi a környező anyag atomjaiba ütközve fokozatosan elveszítik energiájukat és elnyelődnek. Az ütközések során lezajló *kölcsönhatások* a sugárzás fajtájától, energiájától és a benne résztvevő atomok anyagi minőségétől függően rendkívül változatosak. Bizonyos esetekben rendkívül intenzív a sugárzással való kölcsönhatás. Ilyenkor gyorsan elnyelődik a sugárzás. Ez a jelenség az *árnyékolás*.

A béta sugárzás árnyékolására alacsony rendszámú anyagokat, például műanyagot, vizet vagy üveget célszerű alkalmazni. A gamma sugárzás árnyékolására éppen ellenkezőleg, a nagy rendszámú és sűrűségű anyagok, például ólom vagy beton a legalkalmasabbak. A fentieken kívül természetesen más anyagok is elnyelik a béta és a gamma sugárzást, de ezekből ugyanolyan hatás eléréséhez több kell.

4.5.2 Felezőréteg

A sugárzás elnyelődése is statisztikus folyamat. Bizonyos határok között mind a béta, mind a gamma sugárzásra elnyelődésére igaz, hogy adott vastagságú anyagréteg a még el nem nyelődött sugárzásnak mindig ugyanakkora hányadát nyeli el. Valamely anyagnak azt a rétegvastagságát, amelyik a ráeső sugárzásnak a felét nyeli el, *felezőrétegnek* nevezzük.

4.6 A radioaktív sugárzás hatásának mérése

4.6.1 Dózis

A sugárzás útján terjedő energiának az adott közegben elnyelt mennyisége a *dózis*. Ez a mennyiség jellemző a sugárzás és az anyag kölcsönhatására. A dózis valamely időtartam alatti teljes sugárterhelést írja le. Az energiaátadás módozata szerint többféle dózismennyiséget is definiáltak. Ezek közül most csak egyet ismertetünk:

Az *elnyelt dózis* a besugárzott anyag térfogatelemében elnyelt energia és a térfogatelem tömegének hányadosa. Mértékegysége a *gray*¹, jele Gy.

4.6.2 Dózisteljesítmény

A pillanatnyi sugárterhelés mértékét a *dózisteljesítmény* adja meg. Ez a dózis és az időtartam hányadosa, vagyis a dóziszfelvétel sebessége. Ebből az adott helyen kapott dózist úgy kaphatjuk meg, hogy a mért dózisteljesítményt megszorozzuk azzal az idővel, amit az adott helyen töltöttünk.

4.6.3 Dózisegyenérték

Az elnyelt dózis az energialeadás nagyságával méri a sugárzás hatását. A sugárzás és az anyag kölcsönhatása azonban rendkívül sokféle lehet. A különféle sugárzások hatását egységes skálán jellemzi a *dózisegyenérték*. Ez az elnyelt dózis és egy a sugárzás jellegétől függő minőségi tényező szorzata.

Az élő anyag esetében pedig még az ugyanolyan elnyelt dózisú sugárterhelés is más és más biológiai hatást fejthet ki a sugárzás az elnyelő szövet jellemzőitől függően. A biológiai hatás mennyiségi jellemzésére az *effektív dózisegyenérték* szolgál. Ez egy további súlyozó tényezővel figyelembe veszi az egyes szövetek különböző sugártűrő képességét is.

Mindkét mennyiség mértékegysége a *sievert*² (ejtsd szívert), jele Sv. A különböző sugárzásokhoz és szervekhez tartozó szorzótényezők meghatározása rendkívül bonyolult és szerteágazó feladat.

A Miniray SM 2000 X dózisegyenérték-teljesítményt mér. A mért értéket $\mu\text{Sv/h}$ (mikroszívert per óra) egységben jelzi ki. Ebből a dózisegyenértéket az idővel való szorzással lehet meghatározni.

Sugárforrásoktól távol a Miniray SM 2000 X $0,1 \mu\text{Sv/h}$ körüli értékeket jelez ki. Ez a mindenütt jelen levő *természetes háttérsugárzás* dózisegyenértékének felel meg. Ezt az értéket megszorozva az egy évben levő órák számával jó közelítéssel megkapjuk a természetes háttérsugárzásból eredő éves dózisegyenértéket, ami kb. $1000 \mu\text{Sv}$:

¹L. H. Gray (1905 - 1965) angol radiológus.

²R. M. Sievert (1896 - 1966) svéd fizikus.

$$0,1 \mu\text{Sv/h} * 365 * 24 \text{ h} = 876 \mu\text{Sv}.$$

4.7 A radioaktív sugárzások biológiai hatása

A sugárzás elnyelődése során megsérülhet az elnyelő anyag molekuláris szerkezete. Ez - a szélsőséges esetektől eltekintve - élettelen anyagok esetén gyakorlatilag elhanyagolható hatás. Az élő anyag azonban ebből a szempontból sérülékenyebb, és a radioaktív sugárzás általában káros hatást fejt ki rá. A károsodás a kapott dózistól függ. Figyelembe kell azonban venni, hogy az állandóan jelenlevő természetes háttérsugárzáshoz az evolúció során alkalmazkodtak a földi élőlények.

A sugárzásoknak az élő szervezetre kifejtett hatását jelenlegi tudásunk alapján két csoportba lehet sorolni: a véletlenszerű és a nem véletlenszerű hatásokra.

A nem véletlenszerű hatások csak bizonyos dózisértékek túllépése esetén lépnek fel. Jellemzőjük, hogy a besugárzás után nem sokkal jelentkeznek, és a tünetek súlyossága arányos a kapott dózissal. Ezeknek a hatásoknak a kivédésére elegendő, ha ügyelünk arra, hogy a megfelelő dózisértékeket ne lépjük túl.

A véletlenszerű hatások csak bizonyos valószínűséggel következnek be. A kapott dózis nem az ilyen hatások súlyosságát, hanem csak a besugárzásnak kitett személyek közötti előfordulás gyakoriságát befolyásolja. A véletlenszerű hatások mindig csak hosszú idő múltával lépnek fel. Az ilyen hatásokról csak hozzávetőleges ismeretekkel rendelkezünk, és ezek csak az igen nagy dózisokra vonatkoznak. A természetes háttérsugárzás néhányszorosát kitevő dózisok esetén ugyanis a sugárterhelés véletlenszerű hatása olyan ritka, hogy a következtében fellépő tünetek már nem különíthetők el az egyéb okokból fellépőktől.

4.8 A lakosság dózisterhelése

Magyarország területén az elfogadott becslés szerint a háttérsugárzásból származó éves effektív dózisegyenérték kb. 1 mSv. Ennek kimutatható káros

hatása nincs. Az emberi szervezet az evolúció során alkalmazkodott az ilyen mértékű sugárterheléshez.

Napjainkban a radioaktivitás jelenségét az ipari mérés technikától az energiatermelésen keresztül az orvostudományig nagyon sok helyen hasznosítják. Annak érdekében, hogy a radioaktív anyagokkal végzett munka ne okozzon egészségkárosodást, a nemzetközi sugáregészségügyi szervezet ajánlásokat ad ki az ilyen jellegű munkák során betartandó óvórendszabályokra és *dóziskorlátokra*.

A dóziskorlátok megállapításának két fő szempontja a felesleges kockázat és a felesleges korlátozások elkerülése. Más korlátok vonatkoznak a hivatásszerűen radioaktív anyagokkal foglalkozókra, és más (szigorúbb) korlátok a lakosságra. Minden határ úgy van megállapítva, hogy biztonságosan alatta legyen a nem véletlenszerű hatásokra érvényes korlátnak és a véletlenszerű hatások gyakoriságát se emelje számottevően.

A magyarországi szabályozás fogalmi meghatározásai és előírásai az MSZ 62/1-1989 számú szabványban és a 7/1988 (VII. 20) SZEM rendelet 1. számú mellékletében vannak rögzítve. A lakosságra vonatkozó egyedi éves korlát 5 mSv (azaz 5000 μ Sv), nagyobb csoport tartós terhelése esetén 1 mSv.

4.9 Védekezési módok

Noha az élő szervezetek az evolúció során szert tettek a sugárzás hatásával szemben bizonyos védekező mechanizmusra, alapvető szabály, hogy *a felesleges sugárterhelést el kell kerülni*.

A sugárterhelést három alapvető módon lehet csökkenteni: a sugárzásban eltöltött idő csökkentésével, a sugárforrástól való távolság növelésével és árnyékolás alkalmazásával. Ezeket lehetőség szerint kombináltan alkalmazzuk.

4.9.1 A besugárzási idő csökkentése

A legkézenfekvőbb módszer a sugárterhelés csökkentésére az, ha kerüljük sugárzásnak kitett helyeket. Ha a sugárzási térben kell munkát végezni, akkor jól átgondolt munkaszervezéssel, és az elvégzendő műveleteknek a

sugárzási tértől távolabbi begyakorlásával csökkenthető a tartózkodási idő a lehetséges legrövidebbre.

Tegyük fel, hogy egy ipari üzemben felszerelt sugárforrás a közvetlen környezetében a dózisintenzitást a természetes háttérsugárzás kétszeresére emeli. Ha valaki teljes munkaidejében közvetlenül a sugárforrás mellett tartózkodna, akkor a sugárterhelése a természetes átlagnál mintegy harminc százalékkal lenne több, ami még mindig belül van a fentebb említett dóziskorláton. De ha csak naponta egy negyed órát tölt ott, akkor csak mintegy egy százalékkal növekszik a sugárterhelése, ami gyakorlatilag elhanyagolható.

4.9.1 Távolságvédelem

A sugárzás forrásától távolodva gyorsan csökken a sugárzás intenzitása. Ez igen hatásos és egyszerű védelmet nyújt a felesleges sugárterhelés ellen. Ha a sugárforrás mérete a tőle való távolságunkhoz képes elég kicsi, akkor a sugárforrástól való távolságot megduplázva a sugárzás intenzitása a negyedére csökken. Így még nagy aktivitású források esetén is egy bizonyos távolságon túl már minden védelem nélkül biztonságban vagyunk.

Közvetlen közlelől azonban még egy viszonylag kis aktivitású sugárforrás is komoly terhelést okozhat, ezért *sugárforrásokat tilos szabad kézzel megfogni vagy zsebre tenni*. A sugárforrások mozgására a gyakorlatban a sugárforrás fajtájától és aktivitásától függően hosszú csipeszeket, fogókat vagy távmanipulátorokat használnak.

4.9.3 Árnyékolás

A sugárzás természetének megfelelő sugárelnyelő rétegek alkalmazásával hatásosan csökkenthető a sugárterhelés mértéke. A szükséges árnyékolás mértéke erősen függ az árnyékolandó sugárzástól és az alkalmazott árnyékoló anyagtól is. Az alkalmazott árnyékolás hatásossága egyszerűen ellenőrizhető úgy, hogy a Miniray SM 2000 X-szel megmérjük az árnyékolás mögötti dózisegyenérték-teljesítményt. A szükséges tartózkodási idő ismeretében már kiszámítható, hogy megfelelő-e az árnyékolás.

Tegyük fel például, hogy egy karbantartási munka miatt a szerelőnek max. 20 percet kell egy árnyékolt sugárforrás mellett $3 \mu\text{Sv/h}$ dózisegyenérték teljesítménynek kitéve tartózkodnia. Ez legfeljebb $20/60 \text{ h} * 3 \mu\text{Sv/h} = 1 \mu\text{Sv}$ dózisegyenértéket jelent, ami a lakosságra vonatkozó legszigorúbb éves korlát ezredrésze.

Ajánlott irodalom:

- MSZ 62/1-1998 Ionizáló sugárzás elleni védelem
- 7/1988 (VII. 20) SZEM rendelet
Megjelent a Magyar Közlöny 1988. évi 33. számában
- Nagy Lajos György: Radiokémia és izotóptechnika
Műszaki Könyvkiadó, 1988
- Bisztray-Balku: Radiológiai munkák és sugárzás elleni védelem
Műszaki Könyvkiadó, 1979
- Rózsa Sándor: Nukleáris mérések az iparban
Műszaki Könyvkiadó, 1979