



**FV-20. sz. útmutató**

# **Útmutató a hiányzó nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

Verzió száma:

**1.**

**2017. július**

Kiadta:

---

Fichtinger Gyula  
az OAH főigazgatója  
Budapest, 2017

A kiadvány beszerezhető:  
Országos Atomenergia Hivatal  
Budapest

## FŐIGAZGATÓI ELŐSZÓ

Az Országos Atomenergia Hivatal (a továbbiakban: OAH) az atomenergia békés célú alkalmazása területén működő, önálló feladat- és hatáskörrel rendelkező országos illetékességű központi államigazgatási szerv. Az OAH-t a Magyar Köztársaság Kormánya 1990-ben alapította.

Az OAH jogszabályban meghatározott közfeladata, hogy az atomenergia alkalmazásában érdekelt szervektől függetlenül ellássa és összehangolja az atomenergia békés célú, biztonságos és védett alkalmazásával, így a nukleáris és radioaktív hulladék-tároló létesítmények, nukleáris és más radioaktív anyagok biztonságával, nukleáris veszélyhelyzet-kezeléssel, nukleáris védettséggel kapcsolatos hatósági feladatokat, valamint az ezekkel összefüggő tájékoztatási tevékenységet, továbbá javaslatot tegyen az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos jogszabályok megalkotására, módosítására és előzetesen véleményezze az atomenergia alkalmazásával összefüggő jogszabályokat.

Az atomenergia alkalmazása hatósági felügyeletének alapvető célkitűzése, hogy az atomenergia békés célú felhasználása semmilyen módon ne okozhasson kárt a személyekben és a környezetben, de a hatóság az indokoltnál nagyobb mértékben ne korlátozza a kockázatokkal járó létesítmények üzemeltetését, illetve tevékenységek folytatását. Az alapvető biztonsági célkitűzés minden létesítményre és tevékenységre, továbbá egy létesítmény vagy sugárforrás élettartamának minden szakaszára érvényes, beleértve létesítmény esetében a tervezést, a telephely kiválasztást, a létesítést, az üzembe helyezést és az üzemeltetést, valamint a leszerelést, az üzemén kívül helyezést és a bezárást, radioaktív hulladék-tárolók esetén a lezárást követő időszakot, radioaktív anyagok alkalmazása esetén a szóban forgó tevékenységekhez kapcsolódó szállítást és a radioaktív hulladék kezelését, míg ionizáló sugárzást kibocsátó berendezések esetén azok üzemeltetését és karbantartását.

Az OAH a jogszabályi követelmények teljesítésének módját az atomenergia alkalmazóival egyeztetett módon, világos és egyértelmű ajánlásokat tartalmazó útmutatókban fejti ki, azokat az érintettekhez eljuttatja és a társadalom minden tagja számára hozzáférhetővé teszi. Az atomenergia alkalmazásához kapcsolódó nukleáris biztonsági, sugárvédelmi, védettségi és non-proliferációs követelmények teljesítésének módjára vonatkozó útmutatókat az OAH főigazgatója adja ki.

Az útmutatók alkalmazása előtt mindig győződjön meg arról, hogy a legújabb, érvényes kiadást használja-e! Az érvényes útmutatókat az OAH honlapjáról ([www.oah.hu](http://www.oah.hu)) töltheti le.

## ELŐSZÓ

A fizikai védelem nemzetközileg elfogadott alapjait a nukleáris anyagok fizikai védelméről szóló egyezmény kihirdetéséről szóló 1987. évi 8. törvényerejű rendelet, valamint a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (a továbbiakban: NAÜ) keretében 1979-ben elfogadott és az 1987. évi 8. törvényerejű rendelettel kihirdetett, a nukleáris anyagok fizikai védelméről szóló Egyezménynek a NAÜ által szervezett diplomáciai konferencia keretében 2005. július 8-án aláírt módosítása kihirdetéséről szóló 2008. évi LXII. törvény határozza meg.

A nemzetközi egyezményben vállaltak hazai alkalmazásának legfelső szintjét az 1996. évi CXVI. törvény (a továbbiakban: Atv.) képviseli, amely tartalmazza a nukleáris védelem alapelveit és megteremti a fizikai védelem részletes szabályozásának kereteit.

Az Atv. felhatalmazása alapján kiadott – az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló – 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet (a továbbiakban: Rendelet) tartalmazza a részletes jogszabályi követelményeket.

A jogszabályban meghatározott követelmények teljesítésére az OAH ajánlásokat fogalmazhat meg, amelyeket útmutatók formájában ad ki és az OAH honlapján közzétesz. Jelen útmutató az engedélyesek önkéntes alávetésével érvényesül, nem tartalmaz általánosan kötelező érvényű normákat.

A hatósági felügyeleti tevékenységhez kapcsolódó engedélyezési és ellenőrzési eljárások gyors és akadálymentes lefolytatásának érdekében az OAH az engedélyeseket az útmutatókban foglalt ajánlások minél teljesebb követésére ösztönzi.

Az útmutatókban foglaltaktól eltérő módszerek alkalmazása esetén az OAH az alkalmazott módszer helyességét, megfelelőségét és teljeskörűségét részleteiben vizsgálja, ami hosszabb ügyintézési idővel, külső szakértő igénybevételével és további költségekkel járhat. Ha az engedélyes által választott módszer eltér az útmutató által ajánlottól, az eltérést indokolnia kell.

Az útmutatók felülvizsgálata az OAH által meghatározott időszakonként, vagy az engedélyesek javaslatára soron kívül történik.

A fenti szabályozást kiegészítik az engedélyesek, illetve más, a nukleáris energia alkalmazásában közreműködő szervezetek (tervezők, gyártók stb.) belső szabályozási dokumentumai, amelyeket az irányítási rendszerükkel összhangban készítenek.

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>1. BEVEZETÉS</b>	<b>6</b>
<b>1.1. Az útmutató tárgya és célja</b>	<b>6</b>
<b>1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások</b>	<b>6</b>
<b>2. MEGHATÁROZÁSOK</b>	<b>8</b>
<b>3. AZ ÚTMUTATÓ AJÁNLÁSAI</b>	<b>9</b>
<b>3.1. Általános ajánlások</b>	<b>9</b>
<b>3.2. A legújabb helyszíni és laboratóriumi karakterizálásra alkalmas detektálási módszerek</b>	<b>10</b>
3.2.1. Helyszíni karakterizálás	10
3.2.2. Eszközök kiválasztása	11
3.2.2.1. <i>A nukleáris és radioaktív anyagok felkutatására alkalmas műszerek</i>	12
<b>3.3. Módszertani útmutató</b>	<b>19</b>
3.3.1. Megelőzés, javaslatok, eljárásrendek	20
3.3.2. Keresési stratégiák	21
3.3.2.1. <i>A forráselvesztés tényének megállapítása</i>	21
3.3.2.2. <i>A kivitelezés időigénye</i>	24
3.3.2.3. <i>Az elveszett forrás egyéb paramétereinek meghatározása</i>	24
3.3.2.4. <i>A forrás távolságának, mélységének meghatározása</i>	27
3.3.2.5. <i>Konténerben tárolt, árnyékolt forrás meghatározása</i>	29
3.3.2.6. <i>Alacsony gammaenergiás nuklidok meghatározása</i>	31
3.3.2.7. <i>Kevert sugárzási térben való keresés</i>	31
3.3.2.8. <i>Alfa-Béta, kis aktivitású gammasugárzó anyagok keresése</i>	32
3.3.2.9. <i>Nukleáris anyagok meghatározása</i>	35
3.3.2.10. <i>Keresési eljárás</i>	36
3.3.2.11. <i>A kutatás leállításának kritériumai</i>	40
3.3.2.12. <i>Magyarországon radioaktív források kereséshez rendelkezésre álló szakmai szervezetek</i>	41
3.3.2.13. <i>Magyarországi mozgólaboratóriumok felszereltsége</i>	41
3.3.3. Fejlesztési javaslatok	44

## 1. BEVEZETÉS

### 1.1. Az útmutató tárgya és célja

Az útmutató ajánlásokat tartalmaz a 2006. évi LXXXII. törvényben, valamint a Rendeletben rögzített előírások teljesítésére, ajánlásokat adva az azokban rögzített követelmények végrehajtására vonatkozóan a nukleáris biztonsági szempontok figyelembevételével, valamint a 490/2015. (XII.30.) Korm. rendelet 3.§ (1) értelmében az engedélyesnek a Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzatot (MSSZ) ki kell egészíteni talált, elveszett forrás keresés intézkedési tervével.

Az útmutató célja szakmai segítségnyújtás a hiányzó nukleáris és más radioaktív anyagok (a továbbiakban: hiányzó anyagok) telephelyen belüli hatékony keresésének elvégzésében a megtalálásuk elősegítésére. A nukleáris és más radioaktív anyagok használata során előfordulhat, hogy a forrás(ok) kikerül(nek) a hatósági felügyelet alól és ettől kezdve a forrás megfelelő tárolása/felügyelete nem biztosított. A hiányzó anyag radioaktív jellege csak az ionizáló sugárzások mérésére alkalmas készülékek használatával érzékelhető, így az ilyen esetek jelentős környezeti és humán kockázatokat vonhatnak maguk után (inkorporáció, kontamináció, nem kívánatos besugárzás).

A hatósági felügyelet alól az alábbi módokon kerülhetnek ki az anyagok:

- a) munkaterületen hagyás, nem megfelelő helyen történő átmeneti tárolás, lerakás, elvesztés,
- b) illetéktelen eltulajdonítás,
- c) egyéb esemény révén (orphan sources).

Az útmutatóban leírtak segítséget adhatnak az engedélyesek számára az elveszett források felkutatásához.

### 1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások

A nukleáris biztonsági követelmények jogszabályi háttérét az Atv., a 2006. évi LXXXII. törvény, valamint a 7/2007. (III. 6.) IRM-rendelet és a 490/2015. (XII.30.) Korm. rendelet biztosítja.

#### ***Hazai jogi aktusok***

#### ***Általános:***

- a) 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

---

- b) 112/2011. (VII. 4.) Korm. rendelet az Országos Atomenergia Hivatal nukleáris energiával kapcsolatos európai uniós, valamint nemzetközi kötelezettségekkel összefüggő feladatköréről, az Országos Atomenergia Hivatal hatósági eljárásaiban közreműködő szakhatóságok kijelöléséről, a kiszabható bírság mértékéről, valamint az Országos Atomenergia Hivatal munkáját segítő tudományos tanácsról
- c) 51/2013. (IX. 6.) NFM-rendelet a radioaktív anyagok szállításáról, fuvarozásáról és csomagolásáról
- d) 490/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet a hiányzó, a talált, valamint a lefoglalt nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos bejelentésekről és intézkedésekről, továbbá a nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos egyéb bejelentést követő intézkedésekről
- e) 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről

## **2. MEGHATÁROZÁSOK**

Az útmutató az Atv. 2. §-ában, valamint a 7/2007. (III. 6.) IRM-rendeletben, illetve a 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendeletben ismertetett meghatározásokat alkalmazza.



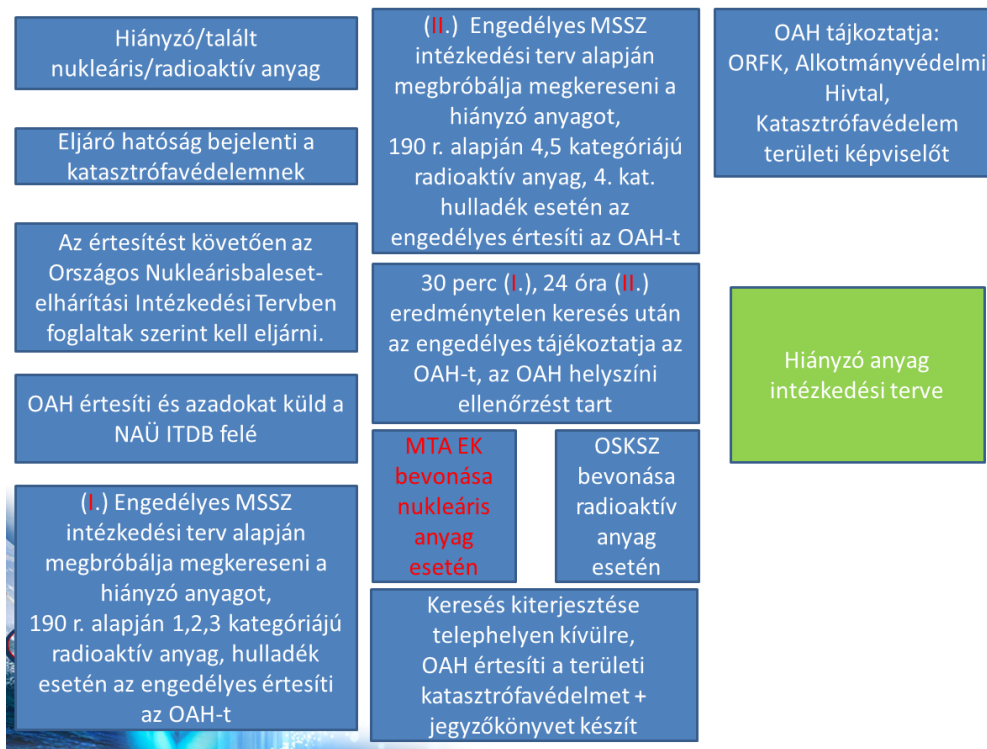
### **3. AZ ÚTMUTATÓ AJÁNLÁSAI**

#### **3.1. Általános ajánlások**

Az útmutató rávilágít arra, hogy a radioaktív anyagokkal történő munka során előfordulhat, hogy egy-egy forrás kikerül az ellenőrzés alól: ellopják, elvesztik. Igen hasznos és egyben nagyon megkönnyíti a keresést-azonosítást, ha az engedélyesek minél több információval rendelkeznek a forrásokról (dokumentációk, fényképek). Az engedélyesek többségénél nincs kiterjedt mérőeszközpark, illetve kellő szaktudás-gyakorlat elveszett források keresésére, beazonosítására. Az útmutató egyben rávilágít arra is, hogy az engedélyesnek ilyen esetekben sokszor szakembereket kell hívnia, mivel a keresés egy összetett feladat. Az engedélyeseknek főleg a megelőzésre kell fektetnie a hangsúlyt, messzemenően betartva a jogszabályokat. A megfelelő védőintézkedések, protokollok, valamint dokumentáció vezetése a forrásokról szintén szükségszerűek.

A megfelelő detektorok és begyakorolt keresési eljárások megléte mellett a hiányzó anyag megtalálásának szempontjából rendkívül fontosak az adminisztratív intézkedések, gyors visszakövethetőségi lehetőségek, megfelelő nyilvántartások vezetése és felhasználhatósága, különös tekintettel a mobil forrásokra. Ebből lehet következtetni az anyag elvesztésére/eltűnésére, a lehetséges helyére, illetve arra, hogy mi okozhatta a felügyelet alól történő kikerülést. A hiányzó anyagokkal kapcsolatos intézkedéseket a 490/2015. (XII.30.) Korm. rendelet tartalmazza:

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**



**3.2. A legújabb helyszíni és laboratóriumi karakterizálásra alkalmas detektálási módszerek**

*3.2.1. Helyszíni karakterizálás*

A módszereket tekintve az elveszett radioaktív anyagok, sugárforrások fizikai keresése lehet passzív vagy aktív folyamat. Passzív a keresés, ha a detektorokat bizonyos pontokon rögzítik, és azok riasztanak, ha egy forrás a közelükbe kerül. A rögzített detektorokat olyan pontokon kell elhelyezni, ahol a gépkocsi forgalom, az emberek, a konténerek és egyéb tárgyak haladnak keresztül. Aktív a keresés, ha a kutatást végző csoport hordozható mérőberendezésekkel próbálja megkeresni a forrás helyét.

A mobil sugármérők típusai:

- a) riasztó funkcióval ellátott, zsebben hordható sugármérők,
- b) kézben hordozható detektorok,
- c) a közutak vizsgálatára szolgáló, járműre szerelt detektorok.

A legáltalánosabb a  $\gamma$ -sugárzás-mérők használata, de bizonyos körülmények között  $\alpha$ -,  $\beta$ - és neutronsugárzást is mérnek.

## Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére

### 3.2.2. *Eszközök kiválasztása*

A sugárzást mérő eszközök kiválasztásánál figyelembe kell venni, hogy milyen típusú forrásokot kell mérnünk (alfa-, béta-, gamma-, neutronsugárzó), milyen környezetben, és hogy mennyi idő áll rendelkezésre.

Radioaktív források keresésére olyan detektorok alkalmasak, amelyek gyorsan reagálnak a dózistér változásaira. Gammadózis-teljesítmény mérők esetében a gyorsaságot ronthatja a beütésszám-sebesség [cps] – dózisteljesítmény [ $\mu\text{Sv/h}$ ] konverzió átlagolási ideje – ezért sugárzó anyagok keresésekor érdemes „ratemeter” módban (cps kijelzéssel) használni a műszert. Ezen kívül figyelembe kell venni, hogy a környezeti és személyi dózisegyenértéket mérő energiakompensált detektorok határfoka kis energiákon szándékosan le van csökkentve, hogy a levegő- illetve szövet-ekvivalens energiafüggést elérjék. Így kis gamma-energiás izotópok keresésére energiakompensálatlan detektorok használata javasolt, illetve olyan dózismérők használata, amelyek külső, eltávolítható energiaszűrővel rendelkeznek.

„Ratemeter” módban is használható gammadózis-teljesítmény mérő műszerek kaphatóak kézi kivitelben, telepített mérőállomásként és összetett, útvonalmonitoring-rendszerbe építhető változatban is. Ezen kívül léteznek kifejezetten forráskeresésre alkalmas nagy érzékenyséű kereső detektorok illetve szondák. Ezek lehetővé teszik olyan kalibráló vagy referenciaforrások detektálását, amelyek nem okoznak detektálható gammadózis-teljesítmény szintnövekedést, illetve speciális sugárzást mérnek (pl. neutronkereső detektorok). Az úgynevezett NBR (Natural Background Rejection) technikával rendelkező detektorok kifejezetten a mesterséges eredetű (pl.  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ) sugárzók gyors detektálására alkalmasak.

A sugárzó anyag lokalizálása után a következő feladat az azonosítás. A sugárzás fajtájának megállapítása szükséges annak eldöntéséhez, hogy a forrást hogyan kell kezelni a továbbiakban (csomagolás, szállítás, árnyékolás), ehhez ajánlott olyan szennyezettségmérő használata, amely képes elkülönülten mérni az alfa- és a béta-sugárzást. A radioizotóp meghatározása hordozható gammaspektrometriai izotópazonosító műszerekkel történhet. Az izotópazonosítók előnye, hogy a helyszínen információt adnak a vizsgált anyagban lévő izotópokról, valamint tárolják a felvett spektrumot, amire esetlegesen szükség lehet a további kiértékelés során.

Speciális esetekben szükség lehet olyan detektorokra, amelyek kevert sugárzási terekben is hatékonyan használhatóak: pl. nagy gamma- dózistérben történő neutrontektálás (kis gamma-áthallású detektorok).

## Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére

### 3.2.2.1. A nukleáris és radioaktív anyagok felkutatására alkalmas műszerek

#### Hordozható szcintillációs izotópazonosítók („Radioisotope Identifier – RIID”)

- Fő funkció: a rejtett és árnyékolt radioaktív anyagok gyors, valós idejű detektálása és azonosítása gamma-sugárzás alapján
- A leghatékonyabb felderítéshez nagy méretű és nagy érzékenységű, pl. NaI vagy plasztik szcintillációs detektorok használatosak (a plasztik érzékenyebb, a NaI viszont jobb energiafelbontású)
- Kevert, kis gamma- és röntgenenergiás források azonosításához jobb energiafelbontású, pl. LaBr vagy CsI kristály ajánlott, de ezek érzékenysége kisebb, mint az előzőeké
- A pontos izotópazonosításhoz célszerű olyan műszert választani, ami fejlett spektrumértékelő algoritmussal dolgozik (pl. dekonvolúciós, vagy QCC technikák)
- A nagy gammaérzékenység megőrzése végett a szcintillációs detektorok általában nem energiakompensáltak, vagyis pontos környezeti dózisteljesítmény ( $H^*(10)$ ) méréshez egy beépített dózismérő (pl. GM) detektor lehet szükséges
- Nukleáris anyagok azonnali detektálásához érdemes neutrontetektorral kiegészített műszert választani
- GPS opcióval útvonalmonitoring-rendszer része lehet

*Strapabíró és könnyen dekontaminálható kialakítású NaI izotópazonosító:*



**4. ábra** Thermo RIIDEye X

*Az analizátortól szeparálható detektorral, ólomtoronyban is használható RIID:*



**5. ábra** Thermo RIIDEye M

*Tömegrendezvények feltűnésmentes felméréséhez, kamerászerű kialakítással*



**6. ábra** BNC SAM 945

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére****Hordozható HPGe izotópazonosító („Radioisotope Identifier - RIID”)**

- Fő funkció: gamma-sugárzók laboratóriumi színvonalú izotópazonosítása
- A nagy energiafelbontású HPGe a rejtett, árnyékolt és maszkolt radioaktív és nukleáris anyagok gyors és pontos meghatározását is lehetővé teszi
- Az elektromos hűtésű típusok nem igényelnek folyékony nitrogént a működéshez
- Nukleáris anyagok azonnali detektálásához érdemes neutrondetektorral kiegészített műszert választani
- A nagyméretű, HPGe-kristállyal rendelkező változatok lehetővé teszik a multifunkciós használatot (kereső detektor, izotópazonosító, vészhelyzeti egészségteszt-számláló, élelmiszermonitor)

*Hordozható multifunkcionális mérőrendszer nagy méretű HPGe-detektorral, neutrondetektorral és energiakompenzált gammadózis-teljesítmény mérő detektorral:*

**7. ábra Ortec Microdetective****Kézi méretű személyi sugármérők („Personal Radiation Detector - PRD”)**

- Fő funkció: személyi védelem, figyelmeztetés az ionizáló sugárzás jelenlétére
- A jóval kisebb méretükből adódóan az érzékenységük kisebb, mint a hordozható izotópazonosítóké
- Nagyon széles alkalmazási körük van, a legegyszerűbb műszerek csak gamma- és/vagy neutrondetektálást tesznek lehetővé (cps kijelzés), a bonyolultabb műszerek dózisteljesítmény-mérő képességgel ( $\mu\text{Sv/h}$  kijelzés), vagy gammaforrás kategorizálási funkciókkal is

## Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére

rendelkezhetnek (pl. NBR-funkcióval elkülöníthetők a mesterséges források a NORM-tól)

- A szcintillációs vagy félvezető elven működő műszerek egyben izotópozonosításra is alkalmasak lehetnek (pl. a CsI detektorok relatíve nagy érzékenységek és jó felbontásúak)

*Kisméretű, övön is hordható CsI szcintillációs izotópozonosító:*

*Szeparált NaI gamma- és CYCL neutrondetektorral, kézi méretben:*

*Integrált CsI/LiI szcintillációs detektor, kézi méretben:*



**8. ábra** RadEye SPRD

**9. ábra** RadEye GN+

**10. ábra** BNC Pager 1703GN

### Hordozható felületiszennyezettség-mérő

- Fő funkció: alfa-, béta-, röntgen- és kisenergiás gamma-sugárzás nagy érzékenységű mérése
- Az alfa- és a kisenergiás béta-/röntgensugárzás hatékony detektálása végett a detektor végablakos, vékony belépő ablakkal (fóliával)
- A jelalak-diszkriminációval rendelkező műszerek képesek elkülöníteni az alfa-sugárzást a béta- és gamma-sugárzástól
- Felületi szennyezettség kvantitatív mérésére kalibrálhatók (bizonyos típusok MKEH-hitelesíthetők), vagyis az alap cps kijelzés mellett Bq/cm<sup>2</sup> felületiaktivitás-koncentráció mérésére is használatosak

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

*Érzékeny, 100 cm<sup>2</sup> felületű ZnS/Plastic detektor szeparált alfa-szennyezettség kijelzéssel:*



**11. ábra** RadEye AB100

*Multifunkciós, 15 cm<sup>2</sup> felületű detektorral ellátott kisméretű műszer a nehezen hozzáférhető helyek mérésére, opcionális energiaszűrőkkel MKEH-hiteles dózisteljesítmény-mérőként is használható:*



**12. ábra** RadEye B20

### **Kézi gammadózis-teljesítmény mérő**

- Fő funkció: személyi védelem, figyelmeztetés a biztonsági szintet meghaladó gammadózis-teljesítmény esetén ( $\mu\text{Sv/h}$  kijelzés)
- Alapvető biztonsági műszer a környezeti gamma dózisegyenérték teljesítmény ( $H^*(10)$ ) mérésére
- A legegyszerűbb típusok gáztöltésűek, ezek érzékenysége viszont jóval kisebb, mint a szilárdtest-detektoroké, ezért forráskeresésre kevésbé alkalmasak
- Bizonyos típusok MKEH-hitelesítési engedéllyel rendelkeznek környezeti gammadózis-teljesítmény mérésére, amely joghatályos mérések elvégzését teszi lehetővé
- Gyakran alaplámpént szolgál speciális szondák mellett (pl. gamma-/neutronkereső szondák, NBR-szondák, szennyezettségmérő külső szondák csatlakoztathatók hozzá)

*MKEH-hitelesíthető  
gammadózis-teljesítmény  
mérő  
készülék:*



**13. ábra** FH40 G-10

*Neutronkereső szonda FH40 G-10-hez:*



**14. ábra** FHT 752 SH

*MKEH-hitelesíthető NBR-  
technikás keresőszonda 750  
cm<sup>3</sup>-es szcintillátorral:*



**15. ábra** FHT 672

*Víz alatti gammasugárzás-  
mérő szonda FH40 G-10-  
hez:*



**16. ábra** FHZ 312

### **Személyi dózisteljesítmény-mérők**

- Fő funkció: személyi védelem, figyelmeztetés a biztonsági szintet meghaladó dózisteljesítmény vagy összdózis esetén ( $\mu\text{Sv/h}$  kijelzés)
- A személyi doziméterek úgy vannak kalibrálva, hogy kifejezetten az ember által elszenvedett dózisterhelésről adjanak minél pontosabb becslést (cserébe forráskeresésre kevésbé alkalmasak)
- A jól ismert TLD-kártyák mellett ma már kaphatóak elektronikus személyi doziméterek (EPD) is, amelyek valós idejű riasztást adnak, ha a sugárzási tér meghaladja a biztonsági szintet
- Leggyakrabban egésztest-dózis ( $\text{Hp}(10)$ ), bőrdózis ( $\text{Hp}(0.07)$ ), és szemdózis ( $\text{Hp}(3)$ ) mérésére használatosak, de már kaphatóak belégzési dózist mérő műszerek is.



**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

*MKEH-hiteles béta-, gamma-, illetve neutron- elektronikus személyi dózismérők:*



**17. ábra** EPD Mk2+ és EPD N2

*Kis méretű személyi inhalációs doziméter, amely alfa spektroszkópiai méréssel elkülöníti a radon leányelemek által okozott természetes dózist a mesterséges sugárzókétól (pl. amerícium, stroncium):*



**18. ábra** RadNose

### **Területfigyelő rendszerek**

- Fő funkció: nagy területek sugárvédelmi felmérése, a radioaktív és nukleáris anyagok minél gyorsabb és hatékonyabb kiszűrése
- Nagy érzékenységű, több detektorból álló mobilis monitorozó rendszer, általában vezeték nélküli kapcsolattal a vezérlőegység és a mérőhálózat detektorai között
- Tipikusan nagyon érzékeny gamma- és neutronkereső szondákból áll, esetenként gammadózis-mérő és izotópazonosító detektorokkal kiegészítve
- Statikus sugárkapu típus: a mérőrendszer elemei (pl. 1 db, pózna kialakítású mérőegység) rögzített állapotban vannak a mérés alatt
- Mobil sugárkapu típus: a mérőrendszer elemei mozgás közben (pl. kocsiba vagy hátizsákba szerelve) mérik fel a terepet
- Az 1 mérőegységből álló rendszerek esetében érdemes gamma-spektroszkópiára képes rendszert választani, mert ezeknél a (kisebb detektortérfogatból adódó) kisebb érzékenységet ellensúlyozza a spektrumértékelő algoritmus (főleg mesterséges források keresésekor)
- A csupán cps mérésen alapuló keresődetektorokból viszont költséghatékonyan lehet mérőhálózatot kialakítani, amellyel nagy

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

terület fésülhető át rövid idő alatt (pl. egy felderítő csapat sugármérő hátizsákokkal felszerelve)

- Több mérőegységből álló rendszer esetében kifejezetten hasznos a vezeték nélküli kommunikáció és az egységek térképen való megjelenítésének lehetősége.

*1-6* *plasztik szcintillátorral és opcionális He-3 detektorral ellátott gamma- és neutronmérő rendszer, személyi és jármű sugárkapuként is alkalmazható:*



**19. ábra** Thermo MPMS

*750 cm<sup>3</sup> plasztik és He-3 detektorokkal ellátott sugármérő hátizsák a feltűnés nélküli méréshez, gyors neutron-detektáláshoz és a mesterséges sugárforrások felderítéséhez:*



**20. ábra** Thermo PackEye

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

*Hordozható, illetve telepített spektroszkópiai területmonitor rendszer 3x3"-es NaI detektorral, 2 db nagy méréstartományú GM-csővel és opcionális CLYC-neutrondetektorral, valamint vezeték nélküli kapcsolattal rádióon vagy szateliten keresztül:*



**21. ábra** Thermo RadHalo

*Nukleáris veszélyjelző területmonitor, amely valós idejű detektálást, analízist és helymeghatározást tesz lehetővé. Saját vezeték nélküli kapcsolattal, rejtett radioaktív vagy nukleáris források gyors detektálása és helymeghatározása a mesterséges sugárzók elkülönítésével:*



**22. ábra** Thermo MATRIX ESP

### 3.3. Módszertani útmutató

A radioaktív anyagokkal kapcsolatos intézkedések közül az egyik legfontosabb, hogy megelőzzük azok elvesztését, eltűnését. Ehhez több olyan eljárás is bevezethető, amelyek betartásával nagymértékben lecsökken annak esélye, hogy a radioaktív anyag kikerül az ellenőrzés alól. Ezen események megelőzése a megfelelő szabályok és előírások betartásával megoldható és nagymértékben egyszerűbb és biztonságosabb megoldás is, mintha egy elvesztett anyagot próbálunk felkutatni. Ez utóbbi a legtöbb esetben igen komplikált feladat, és a forrás ismeretlen helyen való tartózkodása alatt egészségügyi kockázatot is jelenthet azok számára, akik nem tudják, hogy közelükben ilyen anyagok találhatóak, sokszor mindennemű védelem, tokozás, vagy árnyékolás nélkül.

Az alábbiakban néhány olyan eljárást mutatunk be, amelyek segíthetnek ezen események megelőzésében, valamint ha a forrás mégis elveszne, illetve kikerülne az ellenőrzés alól, arra az esetre bemutatjuk az ajánlott keresési stratégiákat.

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

---

**3.3.1. Megelőzés, javaslatok, eljárásrendek**

A nukleáris és radioaktív anyagok hatósági felügyelet alóli kikerülésének, ill. elvesztésének valószínűsége nagymértékben csökkenthető az alábbi intézkedések bevezetésével és ezek következetes betartásával:

- a) Fénykép készítése a radioaktív forrásról és/vagy forrástartóról, szállító konténerről, műszerről, amibe be van építve.
- b) Sugárforrás és/vagy tartó felcímkézése (pl. műbizonylatszám) a könnyebb azonosíthatóság érdekében.
- c) Átokozás vagy bármely más okból kifolyólag történő változás esetén a régi és meglévő műbizonylat összegyűjtése és ezek meghivatkozása.
- d) Digitális archívum készítése (műbizonylat, hatósági azonosító, egyéb dokumentumok digitalizálása).
- e) Minden esetben átadás-átvételi jegyzőkönyv készítése, digitális archívumba történő elhelyezése.
- f) Források bármilyen áthelyezéséről jegyzőkönyv vezetése a felelősök aláírásával.
- g) A forrás előéletéről meglévő összes dokumentum elhelyezése a digitális archívumban (pl. szállítólevél, konténer típusa, stb.).
- h) Adatok (pl. telefonszám, egyéb elérhetőségek) azon személyekről, szervezetekről, akik a forrásokat használják.
- i) A 190/2011. rendelet értelmében előírt időközönkénti, VALÓS fizikai leltár tényleges elkészítése.
- j) Rádiumnyilvántartási rendszerben történő adatok összevetése a műbizonylatok adataival és a forrás adataival (pl. gyártási szám, egyéb jelzések).
- k) Nukleáris anyagok esetén az anyagmérlegleltár összevetése a Rádiumnyilvántartási rendszerben szereplő adatokkal.
- l) Rádiumnyilvántartási rendszerben a megjegyzéshez beírni a műszer azonosítószámát, amiben a forrást elhelyezték.

Mindennemű munkavégzést követően a források meglétének ellenőrzése (pl. ipari berendezéseknél), valamint azok elhelyezése a megfelelő tároló eszközökben/helyiségekben

Amennyiben a forrás mégis elvész, egyéb eljárásokra van szükség.

## Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére

Az elveszett forrás adatait tanulmányozva megállapítható, hogy a leghatékonyabb kereséshez milyen típusú mérőeszközök a legalkalmasabbak.

A legtöbb esetben azokra a forrásokra kell összpontosítani, amelyek determinisztikus hatással lehetnek az emberi egészségre. Ezek az 1, 2 és 3 kategóriába tartozó források. Ide sorolandók pl. azok a kisebb forrásokból álló agglomerátumok, amelyeknek a kategorizálását az összaktivitásuk alapján kell elvégezni. Néhány példa arra, hogy mely területeken található ilyen források:

- a) Mobil radioaktív források, beleértve az ipari radiográfiás forrásokat, amelyek elvesztése több esetben okozott már balesetet.
- b) Bizonyos ipari tevékenységet folytató egységekben, mint a fémhulladék-feldolgozó üzemek, melyekben a radioaktív forrás beolvasztásával jelentős gazdasági és társadalmi károk keletkeznek.
- c) A nemzeti ellenőrző rendszer bevezetése előtt alkalmazásra került radioaktív források.
- d) Azok az iparágak, melyek a gazdasági helyzet alakulása miatt leépítésekre kényszerülnek, és radioaktív források birtokában vannak.

A nagy aktivitású forrásokat általában árnyékolással látják el, így maga a forrás nehezen hozzáférhető: ha a forrás a tárolóval együtt veszik el, annak hiánya általában vizuálisan is észlelhető. A kis aktivitású források közül számos forrásnak nem szükséges árnyékolást biztosítani (de általában mindig van, legfeljebb kisebb méretű), ugyanakkor, ha kikerül az ellenőrzés alól, a forrás nyitottá válhat és így elszennyezheti a környezetét, emiatt ezen források megfelelő nyilvántartására is nagy figyelmet kell fordítani.

A radioaktív forrás elvesztésével kapcsolatos probléma természetének és nagyságának meghatározásánál a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- a) az ellenőrzés vagy az adatok hiányosságai,
- b) milyen lehetséges következményei vannak a forrás meg nem találásának.

### 3.3.2. Keresési stratégiák

#### 3.3.2.1. A forráselvesztés tényének megállapítása

Amennyiben a források ellenőrzésénél hiányt észlelnek, a hiány tényét haladéktalanul jelenteni kell a sugárvédelmi megbízottnak és a sugárvédelmi

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

---

szolgálatvezetőnek. Az észlelt hiány kivizsgálásaként első körben meg kell győződni, hogy ténylegesen fennáll-e a hiány ténye.

Azt a tényt, hogy egy forrás elveszett, a következők alapján lehet felfedezni:

- a) adminisztratív keresés eredményeképpen,
- b) a felhasználó jelenti, hogy a forrás elveszett, vagy ellopták,
- c) egy küldeménynek csak egy része érkezik meg,
- d) a források tárolóhelyén betörés történt,
- e) abnormális monitoringeredményeket figyelnek meg,
- f) egy címkével ellátott, forrás tárolására alkalmas üres konténert találnak,
- g) radioaktív sugárzás okozta egészségkárosodást észlelnek.

Ha a forrás nincs meg fizikailag, de a leltár tartalmazza, az az alábbi esetekhez kötődhet, amelyeknek érdemes utánanézni:

- a) a forrást eltemették, de még a Rádiumnyilvántartási rendszerből és/vagy nukleárisanyagmérleg-körzetből nem vonták ki,
- b) a forráshitelesítést kalibrálás céljából ideiglenesen átadták,
- c) a forrást kölcsönadták, pl. mérésre, újratokozásra, egyéb célra, de még nem hozták vissza (Esetleg elfelejtették a kölcsönadás tényét, és lehet, hogy mint talált forrást bevezették az új leltárkörzetbe új műbizonylattal, és ott nincs többlet a leltárhoz képest. Ilyenkor a forrásról készült fotó, a gyártási szám, a nuklidtartalom, vagy a napi aktivitás adhat támpontot.),
- d) a forrást áthelyezték más tárolóhelyiségbe és/vagy tárolótokba pl. költözés, felújítás, új engedély igénylése végett,
- e) beérkező források esetén a leltárba vételkor könyvelési hibaként több forrás lett bevezetve a leltárba, mint amennyi ténylegesen beérkezett,
- f) érdemes megkérdezni a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú társaságot, nincs-e véletlenül eltemetve.

Fizikailag több forrás van, mint amennyi a leltárban szerepel, ilyen eset lehet például:

- a) az eredeti forrást szétosztották, de az új szétosztott részeket nem vezették fel a leltárba, illetve a forrást nem címkézték fel,
- b) a forrást más szervezet adta kölcsön,
- c) beérkező források esetén a leltárba vételkor könyvelési hibaként nem vezettek be minden forrást a leltárba,

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

---

- d) új forrást állítottak elő, de még nem vezették be a leltárba, illetve a digitális archívumba.

Ha a fent említett lehetőségek egyike sem áll fenn, azaz ténylegesen elveszett – kikerült a felügyelet alól – a forrás, akkor kell megkezdeni a tényleges keresést, valamint értesíteni kell a felső vezetőket, biztonsági szolgálatot, munkavállalókat és az OAH-t a forrás hiányának tényéről.

A keresést nagymértékben megkönnyíti, ha rendelkezésre állnak a „Megelőzés, javaslatok, eljárásrendek”-ben említett dokumentumok. A dokumentumok és a Rádium nyilvántartási rendszer adatai alapján tudható, hogy milyen forrás veszett el (nuklid, napi aktivitása, esetleg forrás jelzése, gyártási száma). A források keresése két fő lépésből áll:

- a) adminisztratív: bizonyítékot és leírást adhat egy elveszett forrásra,  
b) fizikai: az adminisztratív bizonyíték alapján vizuálisan és sugárzásmérő detektorral tesz kísérletet az engedélyes a radioaktív forrás megtalálására.

A keresés megkezdésénél az alábbi faktorokat célszerű figyelembe venni:

- a) annak a valószínűsíthető kockázatnak a mértéke, amelyet az ellenőrzés alól kikerült forrás jelent,  
b) a hiányzó forrás milyen kategóriába tartozik,  
c) az időtartam, amióta a forrást ellopták vagy elveszett,  
d) a keresésben felhasználható információ mennyisége,  
e) a keresés tervezett költsége és a rendelkezésre álló pénzügyi források,  
f) állnak-e rendelkezésre szakképzett személyek, adottak-e a kereséshez szükséges személyi feltételek,  
g) adott-e a fizikai kereséshez szükséges műszerezettség,  
h) a helyi hatóságok és a közelben élő lakosság „kockázattűrő képessége”, azaz tolerálják-e egy radioaktív forrás lehetséges jelenlétét egy közterületen.  
i) Ha a személyi sérülés kockázata magas (pl. egy elveszett 1, 2 vagy 3 kategóriájú forrás esetében), akkor vészhelyzet áll elő. Ebben az esetben azonnal meg kell kezdeni a keresést, és a lakosság figyelmét fel kell hívni a veszélyre.



**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

3.3.2.2. A kivitelezés időigénye

Kiindulásként a keresésre szánt időt és pénzügyi forrásokat azokra a megoldásokra kell csoportosítani, amelyek rövid idő alatt kis költséggel megvalósíthatók.

Rendszeres képzésben kell részesíteni azokat a személyeket, akiket riasztani kell, ha valahol radioaktív sugárzást észlelnek. A számukra rendezett tréningeken be kell gyakorolniuk a sugázmérők helyes használatát, valamint a hatékony keresési stratégiát. Meg kell ismerniük a források, az esetleges radioaktív anyagot tartalmazó konténerek és berendezések megjelenési formáit, és azt, hogy mit kell tenniük, ha megtalálták a forrásokat.

Egy forrás nyomon követése az utolsó ismert, nyilvántartott helyéről indul ki, a kérdéses létesítmény határain belül. Adminisztratív keresés szükséges annak feltárására, hogy az események milyen sorozata vezetett vagy vezethetett a forrás eltűnéséhez. A lehető legrövidebb időn belül információt kell kérni az érintett dolgozóktól és vezetőktől a radioaktív forrás lehetséges helyéről, amíg azt vissza lehet követni.

3.3.2.3. Az elveszett forrás egyéb paramétereinek meghatározása

Az alábbi honlapon a keresett forrás adatai kikereshetők, pl. Cs-137 keresése elég a „Cs” beírása: (<http://nucleardata.nuclear.lu.se/toi/nucSearch.asp>)

**WWW Table of Radioactive Isotopes**

**Nuclide search**

Mass number:  -  Search

Z: 55 or Element: Cs

N:

T1/2:  s -  s

Sort by:  A, Z  Z, A Reset form

[Main page](#) | [Radiation search](#)

**WWW Table of Radioactive Isotopes**

**Nuclide search**

Z=55;

Nuclide	Z	N	Decay mode	Half life	E <sub>x</sub> (keV)	J <sub>π</sub>	Abundance (%)
<a href="#">112Cs</a>	55	57	p	500 us 100	0		
<a href="#">113Cs</a>	55	58	p, ε+β <sup>+</sup>	17 us 2	0	(5/2 <sup>+</sup> )	
<a href="#">114Cs</a>	55	59	ε+β <sup>+</sup> , α, ep, εα	0.57 s 2	0	(1 <sup>+</sup> )	
<a href="#">115Cs</a>	55	60	ε+β <sup>+</sup> , ep	1.4 s 8	0		
<a href="#">116Cs</a>	55	61	ε+β <sup>+</sup> , ep, εα	3.84 s 16	0+x	>4+	
<a href="#">116mCs</a>	55	61	ε+β <sup>+</sup> , ep, εα	0.70 s 4	0+y	(1 <sup>+</sup> )	
<a href="#">117Cs</a>	55	62	ε+β <sup>+</sup>	8.4 s 6	0	(9/2 <sup>+</sup> )	
<a href="#">117mCs</a>	55	62	ε+β <sup>+</sup>	6.5 s 4	150	(3/2 <sup>+</sup> )	



**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

A listából kiválasztható a keresett izotóp, jelen esetben a Cs-137:

**WWW Table of Radioactive Isotopes**

**<sup>137</sup>Cs<sub>82</sub>**

Half life: 30.07 y 3  
 Jπ: 7/2+  
 S<sub>n</sub> (keV): 8278.3 19  
 S<sub>p</sub> (keV): 7416 7  
 Prod. mode: Fission product  
 Fast neutron activation  
 Thermal neutron activation

ENSDF citation: NDS 72,355 (1994)  
 Literature cut-off date: 1-Oct-1993  
 Author(s): J.K. Tuli  
 References since cut-off: [137Cs decay from 1993-98 \(NSR\)](#)

**Decay properties:**

**Gammas from <sup>137</sup>Cs (30.07 y 3)**

E <sub>γ</sub> (keV)	I <sub>γ</sub> (%)	Decay mode
283.53 4	0.00058 8	β <sup>-</sup>
661.657 3	85.1 2	β <sup>-</sup>

Az adatok alapján a Cs-137 661 keV-es gamma-fotonokat bocsát ki I<sub>γ</sub>(%) 85%-ban, azaz ez a meghatározó gamma vonala. Az adatok alapján kiválasztható, hogy milyen típusú készülékkel célszerű a forrást keresni.

A fenti internetes kereső okostelefonra is letölthető a Google play-en keresztül a terepi használat esetére: „Nuclear data search” beírásával.



Ha kiválasztották a célnak legmegfelelőbb keresőkészüléket, akkor először is meg kell győződni róla, hogy a készülék, amivel a keresést végzik, hitelesített/kalibrált, illetve érdemes egy etalon testforrással letesztelni a készüléket, valamint spektrum felvételére alkalmas eszköz esetén szintén érdemes a mérés előtt gyors tesztet végezni, meggyőződni, hogy nincs-e

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

eltolódás a spektrumban. Modern szcintillációs keresőkben pl. van beépített forrás, amivel a tesztelés gyorsan elvégezhető.

Ezt követően első lépésként a háttérsugárzást kell meghatározni, majd a keresést szisztematikusan megkezdeni: pontról pontra végezni, lassú pásztázó mozdulatokkal, az előzetesen elkészített mérési stratégia alapján.

Az alábbi egyenlettel lehet meghatározni adott aktivitású forrás dózisteljesítményét:

$$D^* = DCF \times A / r^2$$

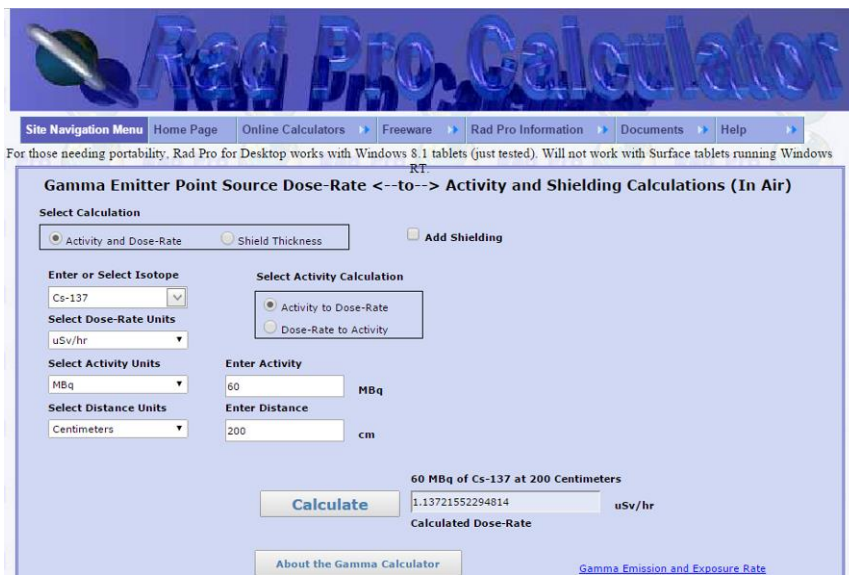
ahol:

- $D^*$ : mért dózisteljesítmény  $r$  távolságra a forrástól [ $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ]
- DCF: dózistényező vagy dózisállandó ( $k_\gamma$ ), nuklidfüggő, táblázatból kikereshető [ $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / \text{GBq} \cdot \text{h}$ ]
- $A$ : a forrás aktivitása a mérés időpontjában [GBq]
- $r$ : a forrás távolsága a mérési ponttól [m]

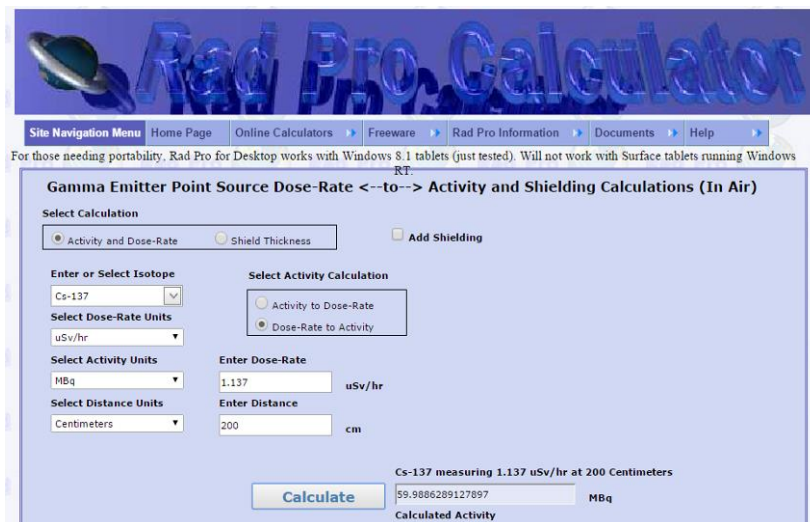
A dózisteljesítmény a távolság négyzetével fordítottan arányos, emiatt érdemes több távolságban is megmérni a dózisteljesítményt, a távolságot főleg kis távolságok esetén kell igen pontosan meghatározni. Mivel a Rádiumprogram alapján ismert a forrás napi aktivitása és típusa, valamint a DCF is kikereshető táblázatból, érdemes több távolságra kiszámítani, mekkora mért dózisteljesítmény várható a mérések során különböző távolságok esetén.

Ennél gyorsabb megoldás lehet az alábbi alkalmazás használata, mely internetről elérhető (<http://www.radprocalculator.com/Gamma.aspx>). Az alábbi képeken egy példában 60 MBq napi aktivitású  $^{137}\text{Cs}$  dózisteljesítménye van meghatározva  $r=2$  m esetére:

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**



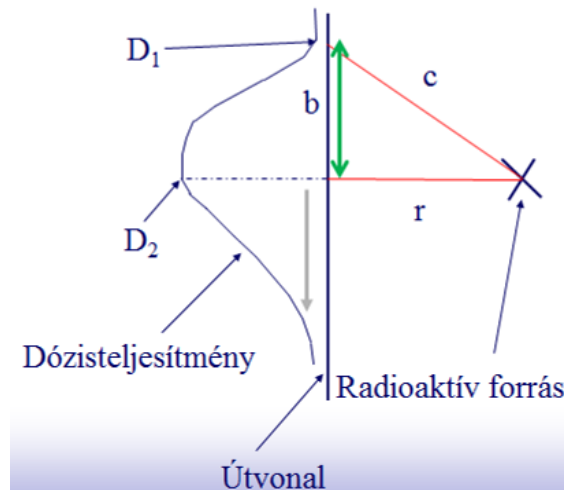
Az alkalmazással, pl. az ismeretlen forrásaktivitást is meg lehet határozni. A példánál maradva:



**3.3.2.4. A forrás távolságának, mélységének meghatározása**

A forrás távolságát az ún. háromszögelési módszerrel lehet meghatározni. A módszer lényege, hogy a dózisteljesítmény-mérő készülékkel adott útvonalon kell végigmenni, ekkor a készülék normál háttérrel mér. A forráshoz közeledve a dózisteljesítmény elkezd növekedni (D1), ezt a pontot megjelöljük, majd tovább haladva az útvonalon a dózisteljesítmény tovább növekszik, majd eléri a maximumot (D2), ezt a pontot is megjelöljük, a D1-D2 távolságot lemérve meghatározható „b”.

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

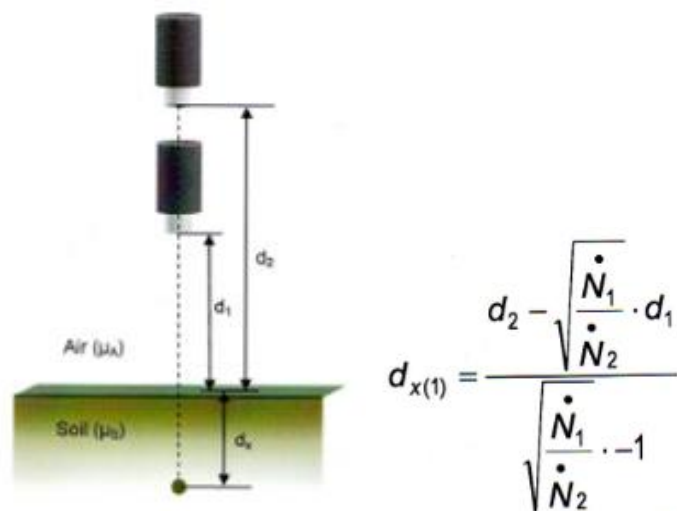


Az alábbi egyenlettel meghatározható a forrásútvonal távolsága, azaz „r”. D1,D2 [μSv/h] és b [m] ismeretében r [m] értéke:

$$r = [b^2 / (D_2 / D_1 - 1)]^{1/2}$$

Az, hogy az útvonal jobb vagy baloldalán helyezkedik el a forrás, könnyen meghatározható a detektor körbeforgatásával, amennyiben az irányfüggő.

Amennyiben a forrás pl. a földbe van temetve, akkor a föld felszínét végig kell mérni és ki kell jelölni azt a pontot, ahol a dózisteljesítmény maximumát lehet mérni, ekkor d<sub>1</sub> és d<sub>2</sub> magasságban kell egy-egy intenzitásmérést (N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>) [cps] végezni. N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub> ismeretében a dx, azaz a forrás földfelszíntől való mélysége meghatározható:

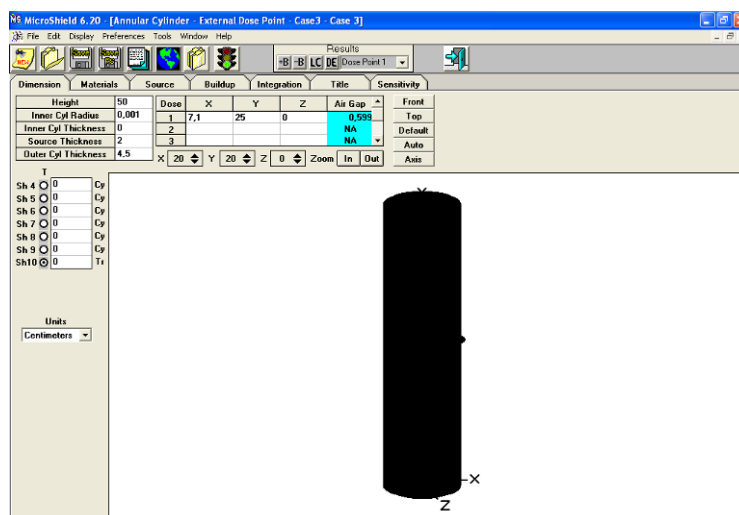


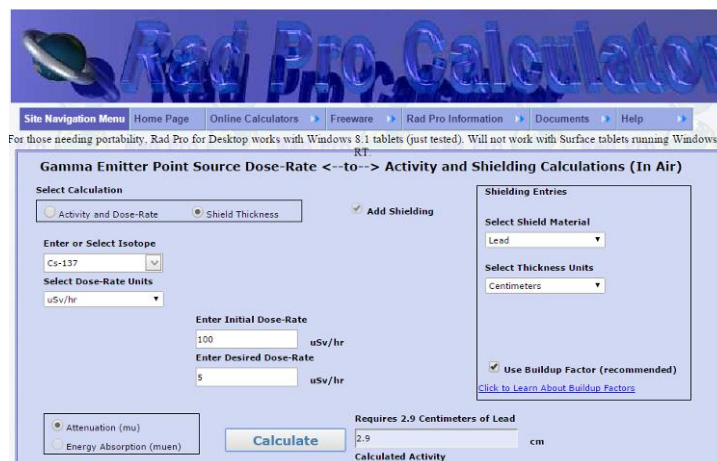
## Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére

A dózisteljesítmény- és felületiszennyezettség-mérő készülékekkel nem lehet meghatározni a nuklidtartalmat, azaz ha radioaktív forrást találtunk, nem lehet egyértelműen azonosítani a Rádiumnyilvántartásban hiányzó tétellel. Az egyértelmű azonosításhoz ismerni kell a nuklidtartalmat. Ennek meghatározásához gammaspektrum felvétele szükséges, mely történhet in-situ HpGe vagy szcintillációs detektorral.

### 3.3.2.5. Konténerben tárolt, árnyékolt forrás meghatározása

Amennyiben a forrás le van árnyékolva, a konténertípus leírásából lehet következtetni az árnyékolás vastagságára és anyagára, ha nem áll rendelkezésre leírás, akkor becslést kell végezni a dózisteljesítmény alapján. A forrás felszínén a dózisteljesítményt nem lehet megmérni (csak számolni), mivel az a konténerben van, viszont a konténer felszínén lehet méréseket végezni. A Microshield programmal lehet szimulálni a mérési elrendezést. A program kiszámítja, hogy adott anyagú és vastagságú árnyékolás esetén mekkora az árnyékolás felületén a dózisteljesítmény értéke, ha ez a program nem áll rendelkezésre, akkor az internetes alkalmazással lehet közelítő számításokat végezni. A hordozható szcintillációs nuklidazonosítóval a nuklidtartalmat lehet meghatározni, azaz hogy milyen típusú radioaktív anyaggal állunk szemben. A példánál maradva: valóban  $^{137}\text{Cs}$  van-e a konténerben, ill. nincs-e mellette esetleg más.



**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

*Forrás terepi keresése/azonosítása*

A helyszínen gyors számítás is végezhető a Google Playből letölthető „Radiation Calculator” segítségével. A programmal, alkalmazásokkal számolt értékeket összevetve a helyszínen a tároló felületén mért dózisteljesítménnyel és a szcintillációs detektor eredményével eldönthető, hogy valóban az „elveszett” forrás van-e a tárolóban. Amennyiben az értékek jó egyezést mutatnak, a forrást megfelelő laboratóriumi körülmények és árnyékolás mellett érdemes a tárolóból kiszedni és további pontosabb méréseket végezni, ha a forráson van jelzés, érdemes összevetni a Rádiumnyilvántartás és a műbizonylat adataival. Ha nincs egyezés, valószínűleg a tárolóban nem a keresett forrás található, esetleg érdemes a tároló anyagát és falvastagságát pontosabban megmérni és újra elvégezni az összehasonlító számításokat.



## Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére

### 3.3.2.6. Alacsony gammaenergiás nuklidok meghatározása

Az alacsony energiájú gamma-sugárzást kibocsátó anyagok meghatározása nehéz, mivel az alacsony energiájú gammasugárzás nem emeli meg szignifikánsan a háttérrel, emiatt a felületi szennyezettségmérők és dózisteljesítmény-mérők normál háttérértéket mutatnak. Ez nem feltétlenül jelenti azt, hogy ott nincs radioaktív forrás. Ebben az esetben kiemelt jelentősége van a már említett NBR (Natural Background Rejection) technikát alkalmazó detektoroknak (amelyek érzékenysége a mesterséges források hatékony keresésére van 'kiélezve'), valamint az érzékeny szcintillációs detektorral ellátott izotópazonosítóknak.

Az alábbi példán látható, hogy árnyékolt kis aktivitású  $^{125}\text{I}$  esetén a készülék normál háttérnek megfelelő dózisteljesítményt mutat, ugyanakkor a spektrumon jól kivehető a forrás jelenléte. A modern QCC (Quadratic Compression Conversion) algoritmuson alapuló szcintillációs detektorok az alacsony energiás tartományokon sokkal megbízhatóbb és gyorsabb azonosítási képességgel bírnak, mint a hagyományos szcintillációs detektorok.



### 3.3.2.7. Kevert sugárzási térben való keresés

Amennyiben a kijelölt keresési területen több forrás is található, valamint a sugárzás háttere magasabb az átlagnál, akkor a keresésnél a forrásokat érdemes egyenként kivinni a térségből és normál háttér mellett lemérni. Amennyiben ez nem megoldható, akkor a műszereket kell árnyékolni. Az ún. hot spotok (forró pontok) meghatározására érdemes egy survey üzemmódu

## Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére

felületiszennyezettség-mérőt használni, mivel az hatékonyabb, mint a gamma-mérőfej.



*Kevert sugárzási térből eltávolított források mérése*

### 3.3.2.8. Alfa-, Béta-, kis aktivitású gammasugárzó anyagok keresése

Alfa-, béta- és kis aktivitású gammasugárzó anyagoknál a keresést célszerű felületiszennyezettség-mérővel végezni a készülék nagy érzékenysége miatt. Olyan szennyezettségmérő használata javasolt, amely szeparált kijelzést (pl. eltérő hangszínű hangjelzéssel és fényjelzéssel) ad alfa-, béta-, és gamma-sugárzásra. A keresendő területet alaposan végig kell mérni a felülettől max. 1-2 cm-re, mivel pár cm levegő vagy árnyékolás hatására a jel/zaj arány jelentősen romlik. Bizonyos esetekben, pl. ha a feltételezett alacsony aktivitású forrást nem lehet közvetlen közletről megmérni, mert nem lehet hozzáférni és nem emeli meg a háttérrel, akkor érdemes kézi szcintillációs detektort alkalmazni, amivel közelebről is lehet mérni és a spektrum alapján eldönthető, hogy a feltételezett forrás valóban a keresett forrás-e:



**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

---



További, nehezen elérhető helyek (pl. aknák, szellőző rendszerek, stb.) ellenőrzéséhez érdemes teleszkópot alkalmazni:



Bétasugárzó anyagok várható dózisteljesítménye szintén becsülhető a Rad Pro Calculator alkalmazás segítségével.

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

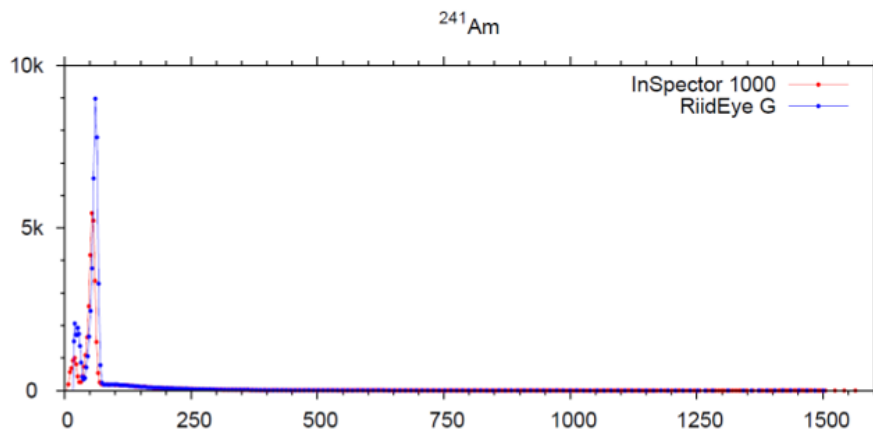
The screenshot shows the 'Beta Emitter Dose-Rate <----> Activity Calculations (In Air)' section of the Rad Pro Calculator. The interface includes a navigation menu at the top with links for Home Page, Online Calculators, Freeware, Rad Pro Information, Documents, and Help. Below the menu, a note states: 'For those needing portability, Rad Pro for Desktop works with Windows 8.1 tablets (just tested). Will not work with Surface tablets running Windows RT.'

The main calculation area contains the following fields and options:

- Select Isotope:** A dropdown menu set to 'Sr-90'.
- Select Dose-Rate Units:** A dropdown menu set to 'mGy/hr'.
- Select Activity Units:** A dropdown menu set to 'MBq'.
- Select Distance Units:** A dropdown menu set to 'Centimeters'.
- Select Activity Calculation:** Radio buttons for 'Activity to Dose-Rate' (selected) and 'Dose-Rate to Activity'.
- Select Geometry:** Radio buttons for 'Point Source' (selected) and 'Plane Source'.
- Enter Activity:** A text input field containing '5' with 'MBq' to its right.
- Enter Distance:** A text input field containing '10' with 'cm' to its right.
- Calculate:** A large blue button.
- About the Beta Calculator:** A button located to the right of the input fields.
- Results:** A text area displaying '5 MBq of Sr-90 at 10 Centimeters' followed by a text input field containing '6.73450875' and 'mGy/hr' to its right. Below this is the label 'Calculated Dose-Rate'.

Alfasugárzó anyagok esetén érdemes megnézni a nuklid gammavonalait, pl.  $^{241}\text{Am}$  59 keV-en bocsát ki gamma-fotonokat, így a nuklid jelenléte nem csak alfa mérővel, hanem QCC alapú szcintillációs detektorral is detektálható.

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**



**Gammas from <sup>241</sup>Am (432.2 y 7)**

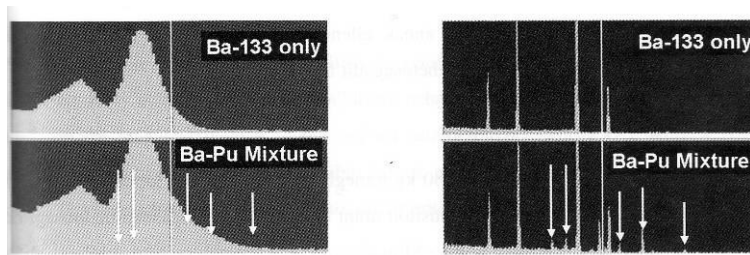
E $\gamma$ (keV)	I $\gamma$ (%)	Decay mode
13.81 2		$\alpha$
26.3448 2	2.40 2	$\alpha$
27.03		$\alpha$
31.4		$\alpha$
32.183	0.0174 4	$\alpha$
33.1964 3	0.126 3	$\alpha$
38.54 3		$\alpha$
42.73 5	0.0055 11	$\alpha$
43.423 10	0.073 8	$\alpha$
51.01 3	0.000026 12	$\alpha$
54.0		$\alpha$
55.56 2	0.0181 18	$\alpha$
56.8		$\alpha$
57.85 5	0.0052 15	$\alpha$
59.5412 2	35.9 4	$\alpha$
61.46		$\alpha$

**3.3.2.9. Nukleáris anyagok meghatározása**

Nukleáris anyagok esetén a fent említett módszereket lehet használni, kiegészítve neutronsugárzás-mérő készülékkel (amennyiben a nukleáris anyag neutronsugárzást is kibocsát), az egyértelmű keresés érdekében. A rádium- és nukleárisanyag-mérleg elvben tartalmazza a súlyokat és aktivitásokat, de ha az anyag egy részét felhasználták és nem lett frissítve a leltár, akkor szintén a netes alkalmazással gyors számításokat lehet végezni:

## Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére

Kevert (több izotóp) és összetett sugárforrások, maszkolt anyagok, valamint nukleáris anyagok meghatározásánál a hagyományos szcintillációs detektorok nem használhatóak, mivel a készülék félértékszélessége túl magas, ugyanakkor a lehetőleg neutrondetektorral is ellátott QCC alapú szcintillációs detektorok, hagyományos nitrogén- és elektromos hűtésű HpGe-detektorok alkalmasak a meghatározáshoz. Különösen fontos a nagyfelbontású detektorral és/vagy neutrondetektorral is ellátott eszközök használata olyan esetekben, amikor valamely 'ártatlan' (igen kis aktivitású) radioaktív forrás viszonylag magas sugárzási szintet okozó környezetében kell nukleáris anyagot felderíteni.



### 3.3.2.10. Keresési eljárás

- meggyőződni, hogy valóban nincs meg a forrás
- felső vezetők, munkatársak, őrség, hatóságok értesítése
- kutatási terv készítése, kutató személyek összeállítása
- keresendő forrás adatainak, előzményeinek összegyűjtése digitális archívumból (műbizonylat, fénykép, átadás-átvételi jegyzőkönyvek,

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

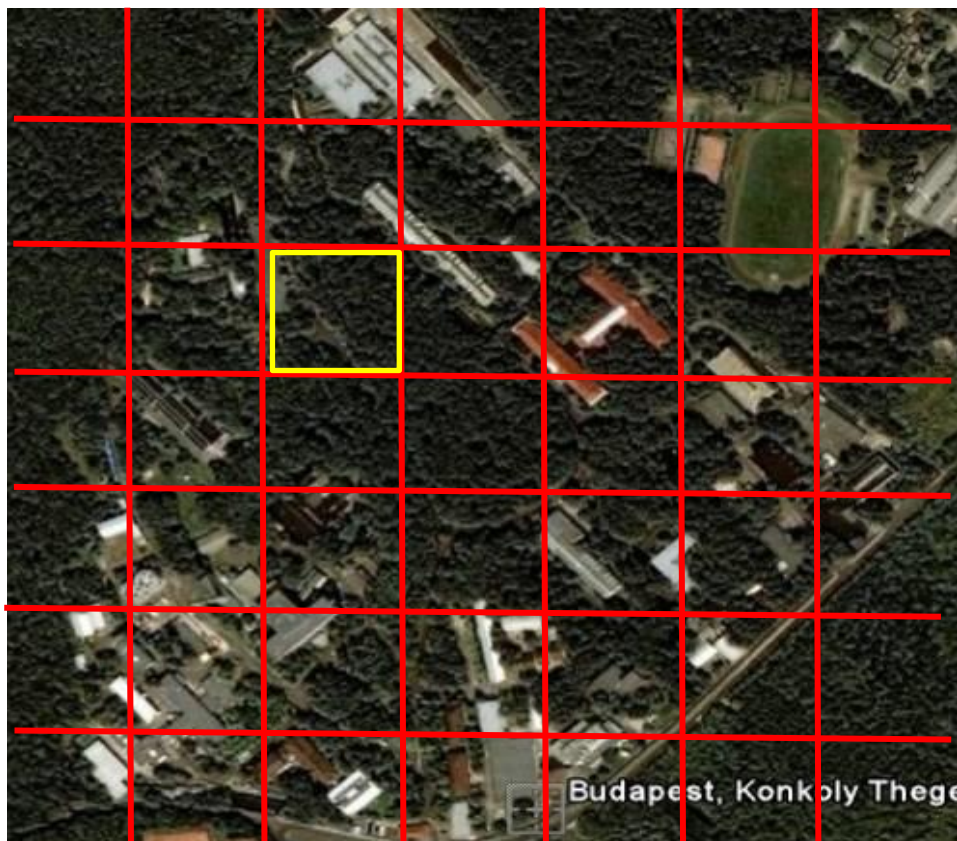
izotópnnyilvántartók, stb.) Ha nem található pl. műbizonylat vagy hatósági azonosító, az az OAH-tól munkaidőben beszerezhető, esetleg szállítóktól a szállító levelet be lehet szerezni, valamint érdemes megkeresni a Nemzeti Radioaktív hulladék-tárolót, nem érkezett-e be hozzájuk a forrás. Ha kiadták hitelesítésre, kalibrálásra, a hitelesítő/kalibráló szervezetnél érdemes érdeklődni, ha pedig kölcsönadták, akkor a kölcsönbe vevő személytől

- e) közvetlen veszély vagy potenciális veszély mértékének meghatározása
- f) a keresendő forrás egyéb adatainak meghatározása, pl. gamma-fotonok jellemző energiái (felvett gammaspektrum várható csúcsainak meghatározása), várható dózisteljesítmények kiszámolása adott távolságból, lehetséges kockázatok meghatározása a keresés során
- g) a kereséshez szükséges mérőeszközök leellenőrzése (kalibrálás, tesztmérés)
- h) megfelelő védőeszközök beszerzése előzetesen (maszk, cipő-, ruhavédő, kesztyű, dekontamináló készlet, személyi doziméterek)
- i) kikérdezni azon személyeket, akik jellemzően használják a forrást, illetve akik utoljára látták fizikailag a forrást: őröket, takarító személyzetet, munkatársakat, partnereket, egyéb személyeket, akik a forrásokhoz hozzá férhettek
- j) terület lehatárolása, ahol feltételezhető, hogy a forrás lehet (pl. laboratórium, tároló, szemetes, udvar)
- k) háttérmérések elvégzése
- l) telephely főbejáratán, illetve egyéb kapukon sugárkapu elhelyezése, ha még telephelyen belül van a forrás, de pl. szemetesbe, vagy gépkocsiba, esetleg szállítmányba került, akkor van esély, hogy bejelez a műszer, amennyiben gammasugárzó izotóp veszett el
- m) a terület felosztása, lehatárolása és szisztematikus végigmérése, inaktív területek kizárása (QCC-s szcintillációs detektor spektrumértékei alapján és/vagy dörzsminta alapján), a kijelölt területről való kilépésnél ellenőrző mérések végzése, esetleges kontamináció kimutatása.
- n) A területet célszerű parcellákra felosztani, ezeket térképen jelölni és az egyes szektorokat megszámozni, valamint kijelölni azokat a szektorokat (képen sárga szektor) ahol feltételezhetően a legnagyobb valószínűséggel veszett el, illetve található meg a forrás (pl. ahol használták, tárolták a forrást, illetve szokásos szállítási útvonal közelében). A keresést ezen parcelláknál érdemes kezdeni. Ha a forrás az eredeti helyén nem



**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

található, a keresést ki kell terjeszteni további lehetséges helyekre. Fel kell deríteni azokat az útvonalakat, szállítási módokat, ahogyan a forrás az eredeti helyéről ezekre a lehetséges helyekre eljuthatott:



- o) Nehezen hozzáférhető helyek mérésére érdemes a szabványosnál kisebb méretű felületiszennyezettség-mérőt, ill. teleszkópos elrendezést használni.



**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

- p) a keresést megfelelő védőöltözetben kell végezni, mivel nem kizárható, hogy a forrás tartója esetleg megsérült:



- q) a megtalált forrást fóliával, megfelelő árnyékolással kell ellátni:



Megtalált forrás csomagolása

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

- r) a megtalált forrást megfelelő tárolóba helyezve kell visszahelyezni a tárolási területre és értesíteni kell az érintetteket a forrás megtalálásának tényéről
- s) a területen, ahol a forrást megtalálták, ellenőrző méréseket kell végezni, kontamináció esetén dekontaminálni kell a területet, ha nincs meg a forrás, akkor a keresendő területek körét szélesíteni kell, illetve érdemes az atomenergia alkalmazásában jártas és megfelelő képzettséggel rendelkező szakemberek segítségét kérni. Az idő múlásával megnő annak a valószínűsége, hogy az ellenőrzés alól kikerült forrás helye közben megváltozott. Ha a helyi kutatás nem vezetett eredményre, a következőket kell megfontolni:
- a forrás eltávolodásának lehetséges körzete,
  - a keresés kiterjesztése, amely szükséges lehet a forrás eltávolodásának körzete és a forrás előélete alapján,
  - ezekhez a kutatásokhoz szükséges erőforrások megléte,
  - olyan kritériumok, amelyek a keresés leállítását indokolják,
  - mik lehetnek a következményei annak, ha nem találják meg a forrást.
- t) amennyiben nem áll rendelkezésre megfelelő műszerezettség a kereséshez, az Országos Közegészségügyi Intézet Közegészségügyi Igazgatóság Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztály Országos Sugáregészségügyi Készenléti Szolgálatát (OKK OSKSZ), illetve az MTA EK Sugárbiztonsági Laboratóriumát célszerű felkeresni, mivel ezen két intézet mozgólaboratóriumának feladatköre az elveszett források felkutatása.
- u) le kell vonni a tanulságokat és a meglévő nyilvántartási rendszert felül kell vizsgálni, a lehetséges lépéseket az elvesztés minimalizálása érdekében meg kell tenni (pl. helytelen kulcshasználat, helytelen jegyzőkönyvezés, dokumentáció, nem megfelelő nyilvántartás, stb.)

**3.3.2.11. A kutatás leállításának kritériumai**

Az egyik legnehezebb arról dönteni, hogy mikor kell egy sikertelen keresést leállítani. Ez sok tényezőtől függ, többek között:

- a) maradtak-e olyan nyomok, vagy nyomravezető jelek, amelyeket még érdemes továbbvizsgálni,
- b) a forrás kategóriája,



**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

---

- c) annak a lehetséges következménye, ha a civil lakosság egy tagja a forrást megtalálja,
- d) a forrás felezési ideje és aktivitása, a forrás eltűnése és a keresés között eltelt idő,
- e) annak a valószínűsége, hogy a forrás a civil lakosság által el nem érhető helyen van,
- f) a kutatás folytatására fordított erőforrásokra más területen van szükség,
- g) a nyomás, amely a civil lakosság és a politikusok részéről nyilvánul meg a keresés folytatására.

### 3.3.2.12. Magyarországon radioaktív források kereséshez rendelkezésre álló szakmai szervezetek

A radioaktív, illetve nukleáris anyagok keresése igen összetett, eszköz- és szaktudásigényes folyamat. Az eltűnt források kereséséhez szakmai segítséget nyújthatnak:

- a) OKI KI SSF Országos Sugáregészségügyi Készenléti Szolgálat
- b) MTA Energiatudományi Kutatóközpont
- c) BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság

Egyéb szervezetek, akik szintén rendelkeznek a megfelelő keresőeszközökkel, mobil laboratóriumokkal:

- a) Paksi Atomerőmű Zrt.
- b) Magyar Honvédség
- c) Mecsekérc Zrt.
- d) Gamma Műszaki Zrt.
- e) Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH)

A hatályos rendeletek értelmében a talált radioaktív anyagok esetén az OKI KI SSF Országos Sugáregészségügyi Készenléti Szolgálatát kell értesíteni. Az OSKSZ száma: **06-20-9364-847**

### 3.3.2.13. Magyarországi mozgólaboratóriumok felszereltsége

Az alábbiakban a hazánkban megtalálható mobillaborok felszereltségét mutatjuk be.

Ezen mobillaborokról összefoglalásként elmondható, hogy elsősorban radiológiai vészhelyzetek kezelésére vannak felkészülve, megelőzésre, sugárforrások keresésére és nagy távolságból történő detektálására,

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

---

azonosítására, valamint elszállítására – az OSKSZ mobilcsoportját leszámítva – kevésbé, mivel többnyire nem rendelkeznek ehhez szükséges felszereléssel (pl. nagy méretű, kifejezetten nagy távolságból történő észleléshez fejlesztett, azonosításra is alkalmas, járműbe integrálható detektorokkal), valamint a megfelelő szaktudással.

A hazai mozgólaboratóriumok műszerparkja főleg kézi műszerekből áll. A műszerezettség önmagában elegendő ahhoz, hogy egy talált forrást beazonosítsanak, egyes anyagok esetében nem csupán a megfelelő műszerezettségre, de a mérési adatok helyes értelmezésére, így a megfelelő szaktudásra is szükség van.

Radioaktív forrás felkutatására nagy méretű plasztik detektorok alkalmasak a leginkább a nagy érzékenység végett, ugyanakkor hordozható nuklidazonosítókkal is megoldható a hatékony keresés, mivel ezen eszközök nem csak érzékelik a forrást, de annak azonosítására is alkalmasak.

A hordozható nuklidazonosítóval szemben támasztott követelmények:

- a) Kézi mérésekre is használható legyen, ugyanakkor a mozgólaboratórium külső részére is elhelyezhető legyen
- b) Rövid mérési idő ellenére is kis félértékszélesség, valamint alacsony holtidő jellemezze
- c) Gyors azonosítás (másodpercek alatt)
- d) Számítógépre továbbítható adatok a mérés közben
- e) Alacsony energiákon is nagy érzékenységű legyen
- f) Menet közbeni spektrummérési lehetőség
- g) Gyors összeszerelhetőség

A hazai mozgólaboratóriumoknak mind megvan a maga célja, feladatköre és ezzel összhangban van kialakítva a mérőeszközparkjuk. Kifejezetten radioaktív/nukleáris anyagok felderítésére, felkutatására az MTA EK mozgólaboratóriuma szakosodott. A mozgólaboratórium az MTA EK Nukleáris Törvényszéki Analitikai Laboratóriumának fennhatósága alatt üzemel, amit minden, a kereséshez szükséges kézi mérőeszközzel felszereltek. A labort kifejezetten nukleáris anyagok, valamint egyéb radioaktív anyagok detektálására és elemzésére kiképzett szakemberek üzemeltetik.

**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

Az OSKSZ a feladatainak ellátásához rendelkezik egy speciálisan kialakított Ford Transit típusú gépkocsival, az úgynevezett készenléti autóval, amelynek elején és oldalán jól látható a szolgálat neve.



**Útmutató a hiányzó vagy elveszett nukleáris vagy más radioaktív anyagok keresésére**

Az autóba beépítettek egy 215 kg súlyú, ólom árnyékolású hordót, amelyben a helyszínen lefoglalt, veszélyesnek ítélt radioaktív anyag szállítható el 5 GBq összaktivitásig (Co-60 izotópra vonatkoztatva).

A készenléti autó állandó felszerelése közé tartoznak a különböző mérőműszerek és a hozzájuk tartozó távtartók és teleszkópos detektorok. A mérőeszközök mellett megtalálhatók az egyéni védőeszközök, dörzsminta-vevő eszközök, a sugárzó anyaggal szennyezett (kontaminált) terület lehatárolására alkalmas eszközök és a sugármentesítéshez szükséges anyagok (úgynevezett dekontamináló készlet).

### 3.3.3. Fejlesztési javaslatok

A radioaktív források elvesztésének minimalizálása érdekében célszerű az engedélyeseknek az alábbiakat megfontolni:

- a) megfelelő dokumentálást kialakítani, illetve azt digitalizálni
- b) a dokumentálást pontosan, naprakészen vezetni
- c) a dokumentálás alapja, hogy egyértelműen visszakereshető legyen minden tétel, ezért célszerű mappát készíteni. Egy forráshoz az alábbi tételeket érdemes hozzárendelni: a forráshoz tartozó műbizonylat (ha át lett tokozva a forrás, akkor régi műbizonylatot is), hatósági azonosító, fénykép a forrásról és/vagy tárolóról, műszerről, amibe be van építve a forrás, szállítólevél (ha van), átadás-átvételi jegyzőkönyvek, majd ezek digitalizálása. → adatbázis létrehozása
- d) forrás és/vagy forrástartó, műszer (amibe be van építve a forrás) azonosító jellel történő felcímkézése
- e) A rádium- és nukleáris adatbázis ellenőrzése, minden adat, ami azokban van, helyesen szerepel-e a műbizonylat alapján, megjegyzés rovatba feltüntetni, hol található a forrás fizikailag
- f) az idevonatkozó rendeleteket messzemenően betartani (11/2010. KHEM, 487/2015 (XII.30.), 190/2011. fizikai védelem rendelet)
- g) jegyzőkönyv vezetése a tárolási helyen, aláírással, ki, mikor, milyen anyagot visz ki vagy hoz be
- h) amennyiben szükséges, a források hozzáférhetőségének limitálása
- i) valós fizikai leltárak készítése a 190/2011 r. értelmében
- j) elveszett források keresésének begyakorlása jelen útmutató alapján, és a tapasztalatok elemzése
- k) fejleszteni a mérőeszközparkot, amennyiben az indokolt