



Petrányi János, Zsitnyányi Attila, Vass Gyula

GYALOGOS SUGÁRFORRÁS KERESÉSI MÓDSZEREK ÉS MÉRÉSI ÖSSZEÁLLÍTÁSOK VIZSGÁLATA

Absztrakt

Elveszett, rejtett radioaktív sugárforrások illetve sugárszennyezettség gyalogos felderítése a vegyvédelemmel foglalkozó hon és rendvédelmi szervek feladata. Különböző eszközök, módszerek állnak rendelkezésre a feladat végrehajtására. Jelen közlemény arra keres választ, hogy a különböző keresési megoldások közül, melyik a legmegfelelőbb gyalogos sugárfelderítés végrehajtására.

A lehetséges keresési és felderítési módszerek vizsgálata mellett, konkrét mérési összeállítások és mérési eredmények alapján határozom meg a legjobb megoldásokat. Az így kiválasztott méréstechnikai összeállításokat összehasonlítom és következtetéseket vonok le.

Kulcsszavak: Sugárfelderítés, izotópkeresés, azonosítás, sugárforrás, elveszett forrás, gazdátlan forrás felderítés

EXAMINATION OF ON-FOOT RADIOACTIVE SOURCES RECONNAISSANCE METHODS AND MEASUREMENT ASSEMBLIES

Abstract

Reconnaissance of radioactive sources and radiation contamination has been a part of the responsibilities of CBRN military defense and law enforcement agencies for many years. Radiation detection cannot be performed without the use of special equipment. Different tools and methods are available to complete this task.



This publication seeks to find out which of the various search solutions is the most suitable for carrying out on foot radar recon. In addition to examining various search and discovery options, I tested possible solutions based on specific measurement assemblies and measurement results. I do comparison of measurement techniques suitable for the task and draw conclusions from this.

Keywords: On foot, Radiation detection, isotope search, identification, source, lost source, orphan source recovery

1. BEVEZETÉS

Sugárforrás keresés első hallásra igen egyszerű feladatnak tűnik, azonban a hatékony kereséshez meg kell találni a megfelelő technológiát. Több alkalommal rendeztek Magyarországon mobil labor összemérést, ahol kötelező feladat volt rejtett sugárforrások felderítése [1]. A gyakorlat előtt a szervezők különböző radioaktív pontforrásokat helyeztek ki a szabadban úgy, hogy azokat szabad szemmel ne lehessen észrevenni. A feladat végrehajtásához a résztvevők a rendelkezésükre álló műszerek segítségével és a saját módszertanuk szerint végezték a keresést. A keresést végző egységek közül néhányan nem voltak képesek megtalálni az összes pontforrást, míg sokan csak több órás felderítési idővel tudták végrehajtani a feladatot. A legtöbb problémával azok a csapatok szembesültek, akik csak dózis-teljesítmény mérőeszközzel voltak felszerelve.

Ahhoz, hogy megfelelő felderítési módszert ki lehessen választani meg kell határozni, hogy milyen sugárzás mérésére van szükség és ehhez milyen eszközök és ezekhez kapcsolódó metodikák állnak rendelkezésre. Ezután meg kell vizsgálni, hogyan lehet javítani a keresés hatékonyságán. A kiválasztott, optimalizált módszert végül validálni kell, hogy valóban jobb eredményt hoz-e más módszerekhez képest.



2. MÉRENDŐ SUGÁRZÁS

Pontszerű radioaktív sugárforrások különböző sugárzást bocsáthatnak ki magukból, amely lehet alfa-, béta-, gamma- és neutronsugárzás is. Ahhoz, hogy egy mérőeszköz képes legyen kimutatni az ionizáló sugárzást, a sugárzásnak el kell jutnia a mérőeszközbe épített detektorhoz, amiben valamilyen fizikai változás jön létre, melyet átalakítanak elektromos jellé és ezt képes megmérni majd kijelezni a mérőeszköz. Léteznek olyan mérőeszközök, amelyek egybe vannak építve a detektorokkal és vannak olyanok is, ahol a detektorok különálló modulok.

Az alfa-sugárzás terepen, kézi műszerrel nehezen érzékelhető, mivel az alfa sugárzásnak a többi sugárzás fajtához viszonyítva a legnagyobb a lineáris energiaátadási (LET) tényezője, ami miatt akár néhány centiméter levegőben vagy egy papírlapon is elnyelődhet. Amennyiben alfa-sugárzás kimutatása a feladat, a lehető legközelebb kell elhelyezni a detektort a forráshoz és olyan detektort kell használni, amelynek fala kellően vékony, hogy az alfa-sugárzás is képes legyen áthatolni rajta. A béta-sugárzás detektálása sem sokkal egyszerűbb feladat, mivel egy vékony plexi rétegben vagy már a levegőben is elnyelődhet a teljes béta sugárzás intenzitása. Ezért kézben tartott műszerrel, egy gyalogos felderítő, csak rossz hatékonysággal lesz képes béta-sugárzást mérni. Amennyiben béta sugárforrást kell keresni, érdemes egy hosszú rúd végére szerelt vékony falvastagságú detektort tartalmazó mérőeszközt alkalmazni. A gamma-sugárzás érzékelése már egyszerűbb feladat, mert a sugárforrástól távolabb (több méterre) is mérhető a gamma-sugárzás, ennek az oka, hogy könnyen áthatol a levegőn illetve egy detektor vastagabb burkolatán is. A neutron sugárzás is könnyen detektálható, azonban ilyen források előfordulása lényegesen ritkább, mint a gamma sugárzásnak, ezért jelen közlemény nem foglalkozik neutron detektálással. Mindezek alapján megállapítható, hogy a gyalogos sugárforrás felderítési feladat végrehajtásán, elsődlegesen a gamma-sugárzás detektálását értjük.



3. MÉRŐESZKÖZÖK

A gamma-sugárzás mérésére szolgáló mérőeszközbe a legtöbb esetben gáztöltéses detektort szerelnek. A gáztöltéses detektorok közé tartozik a Geiger-Müller számláló, a proporcionális számláló és az ion kamra. Ezekről a detektorokról elmondható, hogy jól használhatóak dózisteljesítmény meghatározására, mivel minden irányból közel azonos az érzékenyséjük. Ez az irányfüggetlenség teszi a gáztöltéses detektorokat nehezen használhatóvá sugárforrás keresésére, illetve az érzékenyséjük is jelentősen elmarad a szcintillációs detektorok érzékenységtől. A szcintillációs detektorok az ionizáló sugárzást fényvé alakítják, amely fény arányos a sugárzás intenzitásával, sőt információt hordoz a sugárzás energiájáról is.

Egy terepen kihelyezett pontforrás körül egyen sugarú kör mentén egy gáztöltéses dózisteljesítmény mérővel haladva a mért érték várhatóan közel azonos lesz a teljes kör mentén. Ennek magyarázata, hogy a forrásból a tér minden irányába azonos valószínűséggel fognak részecskék távozni, a detektor pedig minden irányból azonos érzékenységgel fogja kimutatni a becsapódó részecskéket.

Elméletben, ha a mérőeszköz a sugárforrás felé, jó irányba, halad, a mért érték növekszik, ha távolodik, akkor csökken. Azonban a gyakorlatban előfordul, hogy a mért értékek pont ellenkező módon, egyenes arányban változik a távolsággal. Erre az a magyarázat, hogy a háttérsugárzás rövid idő (egy-két másodperc) alatt is jelentősen ingadozhat. Magyarországon a dózis-teljesítmény pillanat érték kijelzés a legtöbb területen 50nSv/h és 150 nSv/h között bármilyen értéket felvehet a következő másodpercben. Ezért keresés során a „jó irány” meghatározása csupán akkor működhet a mért értékek leolvasásával, ha a sugárforrás által okozott dózis-teljesítmény növekedés jelentősen eltér a háttér ingadozásától. A kis aktivitások kiszűrésére érdemes a mérőeszközben megvalósított algoritmust használni, ami külön jelzi, ha szignifikáns emelkedést észlel. Ehhez a műszernek dinamikus háttérkompenzálást kell végrehajtania, azaz figyelembe kell venni a korábban mért sugárzási értékeket és vizsgálni az attól való eltéréseket [2]. Az eljárás lényege, hogy, ha a pillanatnyi mért érték a háttérsugárzás közelében van, akkor az új pillanat értékkel frissül a háttérsugárzáshoz tartozó csúszó átlag érték, amely követi a háttérsugárzás ingadozásait. Ha az új pillanat érték kívül esik a háttér



tartományból, akkor az algoritmus vizsgálja, hogy a tartományból való kicsúszás mennyire tér el a korábban meghatározott háttérsugárzás csúszó átlagától. Az 1. képletben az n_i : Az aktuális új pillanat érték, n_a : A háttérsugárzás csúszó átlag értéke, S_1 : A szigma szorzó, amely meghatározza, hogy mennyire legyen érzékeny a műszer és ezáltal mekkora legyen a téves riasztási arány. Minél érzékenyebbre van állítva a detektor, annál nagyobb lesz a téves riasztási arány.

$$n_i > n_a + S_1 * \sqrt{n_i}$$

1.Képlet: Szignifikáns sugárszint emelkedés észlelésének képlete

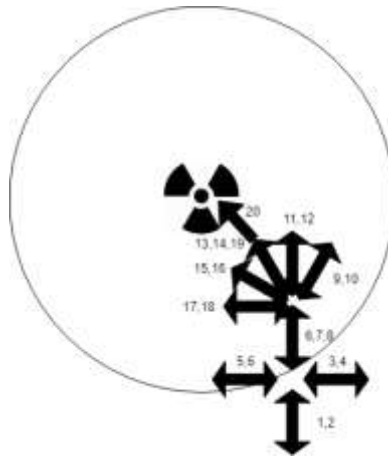
A mérést tovább nehezíti, hogy minden mérőeszköznek van egy késleltetése, ami abból adódik, hogy a mérőeszköznek szüksége van időre, amíg a sugárzásból az elektronika mért értéket képez, majd megjeleníti a kijelzőn. Mindeközben a felhasználó elmozdulhat, így a leolvasás pillanatában már nem is a kijelzett sugárszinthez tartozó helyen van a mérőeszköz. Ezt a hibát úgy lehet kiküszöbölni, hogy addig nem szabad tovább lépni, amíg legalább egy mérési ciklus végig nem ment. A késleltetési idő mérőeszközönként eltérő lehet. Kereső műszerek esetében 0.5-2 másodpercig is eltarthat a következő mért érték kijelzése.

4. KERESÉSI MÓDSZEREK

Több keresési módszert is megvizsgáltam, annak érdekében, hogy össze tudjam hasonlítani a különböző sugárforrás keresési eljárásokat és megtaláljam a legmegfelelőbbet. Valamennyi általam vizsgált módszer működőképes, segítségükkel megtalálhatóak sugárforrások, ezért elsődlegesen azt vizsgáltam, hogy mennyire gyorsan vezet eredményre.

Az itt felsorolt módszerek csak akkor használhatóak, ha a műszerről leolvasható érték már néhány lépést követően szignifikánsan változik, a háttérsugárzáshoz képest.

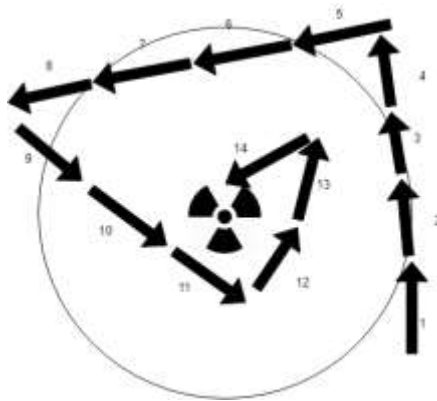
Az első módszert „ingának” neveztem el, azért mert előre-hátra mozgásokból áll.



1. ábra Sugárforrás keresés „inga” módszerrel

Az első mérési sorozatban a kezdőponttól mind a 4 égtáj felé 1 lépés távolságban méréseket kell végrehajtani. A négy mérési eredményből ki kell választani a legnagyobbat és a kezdőponttól abba az irányba egy lépést kell tenni, majd újabb méréseket kell végrehajtani. Amikor már a fő irány meghatározásra került, a lépéseket követően elegendő csak a fő irányba eső térszögben mérni, ezért kisebb elfordulásokat (kb. 30 fok) kell végezni. Ezzel a módszerrel minden mérési sorozat után egyre pontosabb lesz a haladás iránya a sugárforrás felé. A hátránya az a módszernek, hogy sokszor kell helytelen irányba méréseket végezni, illetve ha a forráson túlhalad a kereső, anélkül, hogy észrevenné a forrást, ez könnyen rossz irányba terelheti a keresést. Az „inga” módszer egy példáját mutatja be a 1. ábra.

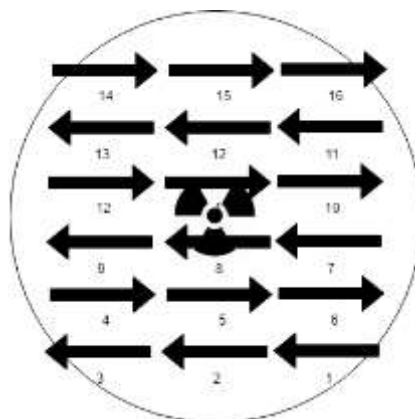
A második módszert „spirálnak” neveztem el, mert ezzel a módszerrel addig halad előre a felderítő, amíg nagyobbat mér az előzőnél és csak akkor vált irányt, ha a mért érték csökken.



2. ábra Sugárforrás keresés „spirál” módszerrel

Ha a kijelzett érték növekedett, akkor jó irányba haladt a felderítő, ha csökkent, akkor rossz irányba kezdte el a sugárforrás megközelítését és irányt kell változtatnia. A módszer kellő idő ráfordítással sikerre vezethet, de nem túl hatékony, hiszen, ha meg is van a helyes irány, sok szükségtelen távolságot kell megtenni és számos plusz mérés során érhető csak el a cél. Nem beszélve arról, hogy egy esetleges második forrás jelenléte teljesen felborítja a keresést. A módszert a 2. ábra szemlélteti.

A harmadik módszernek a „mátrix” nevet adtam, mivel a mért értéktől függetlenül fix távolságonként kell méréseket végrehajtani, a keresési területet négyzetrács szerűen felosztva, minden csomópontban kell mérni egyet, ahogy a 3. ábra bemutatja.



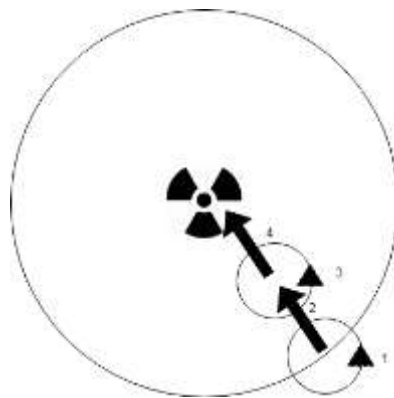
3. ábra Sugárforrás keresés „mátrix” módszerrel

A forrás keresése az eredmények kiértékelését követően történik. A módszernek az előnyei, hogy a keresés jól reprodukálható, a feladatok feloszthatóak, a nemzetközi ajánlásokban is ez



a módszer szerepel [3], valamint jól automatizálható, könnyen végrehajtható egy robot vagy helikopter segítségével [4]. A fő probléma a „mátrix” módszerrel az, hogy ha két mérési pont között nagy távolság van, vagy a vizsgált terület kijelölése pontatlan, előfordulhat, hogy észrevétlen marad egy sugárforrás. Emellett az általam vizsgált módszerek közül a leglassabb.

A negyedik módszernek a „forgatás” nevet adtam. Az eljárás végrehajtásához szükség van egy irányfüggő detektorra, amely lehetővé teszi, hogy egy körbefordulással képes azt az irányt meghatározni, ahonnan a legnagyobb intenzitású sugárzás érkezik.



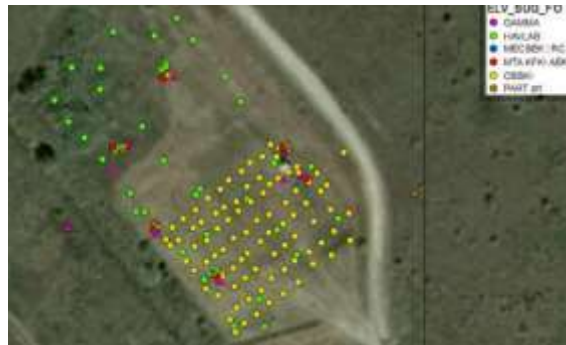
4. ábra Sugárforrás keresés „forgatás” módszerrel

A „forgatás” módszer nagy előnye, hogy kevés lépéssel azonnal a jó irányba lehet haladni, egy körbeforgással, akár több sugárforrás irányai is meghatározható. A módszer hátránya, hogy az irányfüggés biztosításához szükség van egy kollimátorra, amely megakadályozza, hogy az oldal irányú sugárzásra érzékeny legyen a detektor, ez a kollimátor azonban jelentősen megnövelheti a detektor súlyát, ami egy kézi műszer esetében, komoly hátrányt jelenthet. A kollimátor készülhet többféle nagy sűrűségű anyagból, ezen anyagok közül a legjobb választás az ólom, vagy a wolfram.

A keresés hatékonysága miatt az általam legjobbnak ítélt módszer a „forgatás”. Az elméletemet az 5. ábrán látható összemérés eredménye is alátámasztja, amelyről leolvasható,



hogy a lila pontokon használt „forgatás” módszer kevesebb mérési ponttal találta meg az összes forrást, mint például a „mátrix” keresési módszer.

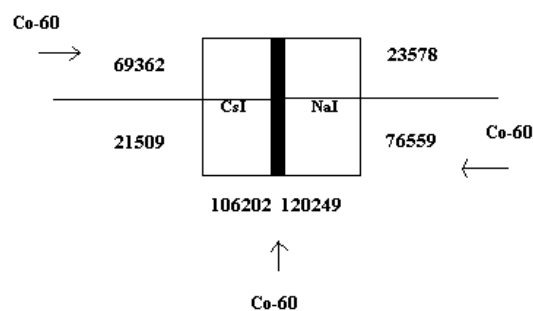


5. ábra Sugárforrás keresés eredménye a Püspökszilágyi mobil labor összemérésén [1]

Detektor irányfüggés

A detektorban az irányfüggés megvalósítására három megoldást is vizsgáltam.

Az első irányfüggő detektor összeállításban az ólom kollimátor gyűrű helyett egy ólom lemez került beillesztésre 2 szcintillátor közé, melyek egy elektronikára lettek csatlakoztatva. A CsI(Tl) és NaI(Tl) szcintillátorokból érkező jeleket impulzus szélesség alapján az elektronika szétválasztotta, annak érdekében, hogy kiderüljön melyik térszögből érkezett a felvillanás. Ezzel a megoldással jelentősen csökkent a mérőeszköz súlya, valamint, forgatás nélkül is képesé vált a mérőeszköz, hogy megadja melyik irányba (jobbra, vagy ballra) érdemes folytatni a keresését. Sajnos a kísérlet eredménye több esetben is téves irányjelzéseket hozott, ami a két szcintillátor eltérő fényhozamának volt betudható, valamint a felemás kristály miatt a detektor felbontása is leromlott. Egy mérésre példa a 6. ábrán látható.



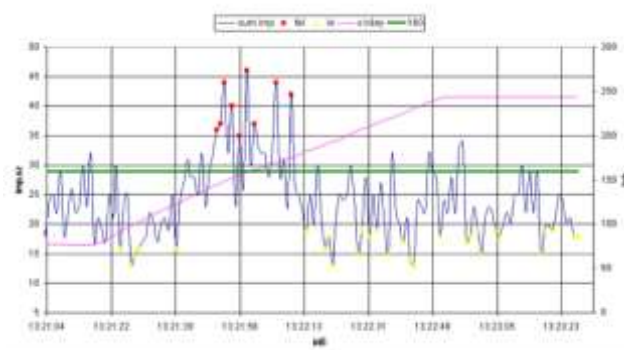
6. ábra Irányfüggő detektor 2 szcintillátorral



A második irányfüggő detektor összeállítás egy ólom korong felhelyezése volt a NaI(Tl) szcintillátor elé, amelynek segítségével a sugárforrás irányába eső mért érték szignifikáns csökkenésének elérése lett volna a cél. Sajnos a szórt sugárzások miatt ez a megoldás nem vezetett eredményre.

Végül az ólom kollimátor gyűrűvel szerelt, irányfüggő detektor összeállítás hozta a legjobb eredményt.

A keresési eljárást egy Co-60 forrás segítségével próbáltuk ki. A műszer csak abban az esetben jelzett, amikor a forgatás során a detektoron lévő kollimátor nyitott része esett a sugárforrás felé. A 7. ábrán látható a keresés idődiagramja, amely igazolja, hogy a detektor a megfelelő irányban kellő gyorsasággal (0.5 másodperces késéssel) reagált a sugárforrásra.



7. ábra CO-60 keresés idődiagram

Igaz ez a megoldás jár a legtöbb plusz tömeggel, de keresési hatékonyságban jobb eredményt hoz a másik két összeállításhoz képest.

5. KÖVETKEZTETÉS

Megvizsgáltam a lehetséges keresési módszereket és mérési összeállításokat. Megállapítottam, hogy sugárforrás keresésére, a levehető kollimátor gyűrűs, szcintillációs detektor „forgatásos” módszerrel történő alkalmazása a leghatékonyabb eljárás.

Az általam meghatározott sugárforrás keresés teljes folyamata a következő lépésekből áll:



Első lépés a detektálás. Ehhez a sugárforrás kereső szcintillációs detektort kollimátor nélkül alacsony szignifikancia szint melletti sugárkapu üzemmódban kell használni. A detektálási üzemmód addig tart, amíg az eszköz be nem riaszt.

A második lépés a sugárforrás helyének meghatározása. Ehhez a riasztás pontján végre kell hajtani egy iránykorrekciós mérést, amely lehetővé teszi a helyes irány követését. Ehhez fel kell helyezni az ólom kollimátort és új háttérmérést kell kezdeni.

A módszer validálására a GAMMA Zrt. által gyártott SFK műszert használtam, amely a fenti két funkció mellett még izotóp azonosításra, és útvonal felderítésre is alkalmas.



8. kép Sugárforrás kereső (SFK) műszer [5]

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Csurgai József, Tarján Sándor, Bäumlér Ede: A mobil radiológiai laboratóriumok és sugárvédelmi mérőkocsik összemérési gyakorlatainak tapasztalatai. http://www.sugarvedelem.hu/sugarvedelem/docs/kulonsz/2011sv/szekcio2/mobil_radiologia.pdf

[2] Dedek Balázs: Sugárvédelem, sugárfelderítés, Sugárszennyezett áruk vizsgálata sugárszennyezett áruk vizsgálata. Detektor plusz 2011. 2. szám <http://detektorplusz.hu/fajl.php?id=10904>

[3] IAEA-TECDOC-804 Methods to identify and locate spent radiation sources. Austria 1995.



https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_804_prn.pdf

[4] Zelenák J., Csurgai J., Halász L., Solymosi J., Vincze Á.: A légi sugárfelderítés képességei alkalmazhatóságának vizsgálata elveszett, vagy elloptott sugárforrások felkutatása, illetve szennyezett terepszakaszok felderítése során; http://hadmernok.hu/2009_1_zelenak.pdf (A letöltés dátuma: 2018.10.05.)

[5] Vágföldi Zoltán Alezredes, Nagy László Őrmester: Mobil és telepíthető sugárzásmérő eszközök és a terepi sugárfelderítés módszerei Seregszemle 2015. 2. szám file:///C:/Users/petranyi/Downloads/seregszemle_2015_2-3szam.pdf

Petrányi János

fejlesztési igazgató

Gamma Műszaki Zártkörű Részvénytársaság

János Petrányi

director of R&D

Gamma Technical Corporation

ORCID azonosító: 0000-0001-5417-2690

gamma@gammatech.hu

Zsitnyányi Attila

vezérigazgató

Gamma Műszaki Zártkörű Részvénytársaság

Attila Zsitnyányi

CEO

Gamma Technical Corporation



ORCID azonosító: 0000-0003-3571-652X

zsitnyanyi@gammatech.hu

Dr. habil Vass Gyula t. ezredes PhD

egyetemi docens, igazgató

Nemzeti Közsolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet Col.

Gyula Vass PhD,

director of Institute of Disaster Management, National University for Public Service

Orcid.org/0000-0002-1845-2027

vass.gyula@uni-nke.hu