

37. Országos Tudományos Diákköri Konferencia

Had- és Rendészettudományi Szekció

Budapest, 2025. április 22–24.

Nemzeti Közszolgálati Egyetem

Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar

**A hivatásos katasztrófavédelmi szerv iparbiztonsági
feladatellátásába bevonható sugárzásmérő eszközök vizsgálata és
a fejlesztés lehetséges irányai**

Jelige:

KML, KSE, SUGÁRVÉDELEM

Pályamunka lezárásának időpontja: 2024.12.20

2025.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	3
<i>1.1 Témaválasztás indoklása</i>	<i>3</i>
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	4
<i>2.1 Radioaktivitás felfedezése.....</i>	<i>4</i>
<i>2.2 A radioaktív anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek a történelemben</i>	<i>5</i>
<i>2.3 Az ionizáló sugárzás egészségügyi hatásai</i>	<i>7</i>
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	10
<i>3.1 Az atomenergia jogi szabályozása.....</i>	<i>11</i>
<i>3.2 A radiológia napjainkban</i>	<i>13</i>
4. EREDMÉNYEK.....	14
<i>4.1 A Katasztrófavédelmi Mobil Labor eszközrendszere radiológiai.....</i>	<i>14</i>
<i>4.2 A Katasztrófavédelmi Sugárfelderítő egység eszközrendszere.....</i>	<i>17</i>
<i>4.3 A személyi állomány képzése.....</i>	<i>23</i>
<i>4.4 A KML és KSE eljárásrendjének áttekintése.....</i>	<i>24</i>
<i>4.5 A KML és KSE állományát érintő sugárterhelés vizsgálata</i>	<i>25</i>
<i> 4.5.1 Veszélyes áru szállítás ellenőrzésében elszenvedett dózis</i>	<i>25</i>
<i> 4.5.2 A gyakorlatokon és beavatkozásokon elszenvedett dózis</i>	<i>28</i>
<i> 4.5.3 Számítások összegzése.....</i>	<i>30</i>
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	33
6. ÖSSZEFOGLALÁS.....	35
<i>Irodalomjegyzék.....</i>	<i>36</i>

1. BEVEZETÉS

1.1 Témaválasztás indoklása

Szakedolgozatom készítésekor a világban több, egymástól független fegyveres konfliktus van jelen, ami társadalmi, gazdasági nehézségeket, illetve kockázatokat is jelent a világra nézve. A szomszédos Ukrajna területén található Európa legnagyobb atomerőműve is, mely jelenleg a háborús zónában helyezkedik el. A világ fejlődésének hatására a radioaktív anyagok, sugárforrások egyre szélesebb spektrumú felhasználása zajlik napjainkban. A katasztrófavédelem egyik célja, hogy minden helyzetben felkészült legyen és alkalmazkodni tudjon a radioaktivitás által nyújtott potenciális veszélyek ellen, mivel ezek hosszú távú és kiszámíthatatlan következményekkel járhatnak.

Ennek jegyében jelent meg az iparbiztonsági szakirány 2012-ben, a katasztrófavédelem és a tűzoltóság integrálása mellett. A radioaktív anyagokkal kapcsolatos eseménykezelés pedig ezáltal átkerült a polgári védelemtől az iparbiztonsági szakterület alá. Az utóbbi évtizedben egyre nagyobb hangsúly került a nukleáris balesetek elhárítására. Az integrációt követően, 2013-ban megkezdődött a Katasztrófavédelmi Mobil Laborok (továbbiakban: KML) új eszközrendszerének beszerzése is, ami napjainkig is tart. A 2024 október 01-től érvényes szervezeti változások is nagy hangsúlyt fektetett a nukleárisbaleset-elhárítási feladatokba.

A KML mellett az USA támogatásával rendszeresítésre került a Katasztrófavédelmi Sugárfelderítő Egység (továbbiakban: KSE), mely a radioaktív anyagok csempészetének megelőzését és a schengeni határ mentén az európai unió védelmét végzi. Ezen feladat végrehajtásának céljából a veszélyes áru szállításának ellenőrzésében kiemelt szerepe van. Ez mellett a KSE radiológiai támogatást végez a káreseti tevékenységek kapcsán, mely során jól kiegészíti a KML nukleárisbaleset-elhárítási képességét. Azok a személyek, akik munkakörükben ezzel kapcsolatban látnak el feladatot, rendszeresen találkozhatnak radioaktív anyagokkal. Így foglalkozásukból adódóan ki vannak téve az ionizáló sugárzás hatásainak.¹

Célkitűzésem, hogy a feladatkörökből adódó dózisterhelés folyamatos nyomon követése a személyi állomány magas szintű biztonságát garantálni tudja. Ehhez szükséges a rendszeresített szakfelszerelések átfogó elemzése mellett megfontolni, hogy az érintett feladatkört ellátó személyek hatósági dozimetria alá kerüljenek, így az elnyelt dózisuk nyilvántartása központilag történjen.

¹ 8/2022 BM OKF főigazgatói intézkedés az Iparbiztonsági szakterületen speciális feladatot ellátó szerek tevékenységének szabályozásáról

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Radioaktivitás felfedezése

XIX. század végére az emberek fejében a természettudományok és az addig tett felfedezések miatt befejezettnek gondolták ezt a tudományterületet. Felfedezésre kerültek a kémiában az elemek. Ezekről azt gondolták, hogy tovább nem bonthatók, nem átalakíthatók. Ebbe a világképbe robbant bele Becquerel megfigyelése és felfedezése.

A radioaktivitást 1896-ban fedezte fel Henri Becquerel, aki francia tudós volt. A tudományban elért munkájáért 1903-ban fizika Nobel-díjat kapott. Foszforeszkáló anyagokkal kísérletezett, ekkor fedezte fel a radioaktív sugárzást. Megfigyelte, hogy egy fekete csomagolópapírba tett radioaktív anyagot, melynek hatására a mellette elhelyezett fényképlemez kis idő múlva elfeketedett. Ebből vont le azt a következtetést, hogy az elektromágneses sugárzás áthatolt a fekete papíron és a szem számára láthatatlan tartományban valamilyen energiát bocsájt ki. Miután nem foszforeszkáló urán sókkal is folytatott kísérletet, így azt a megállapítást tette, hogy a lumineszkálás és a radioaktív sugárzás között nem vonható párhuzam. Kimutatta viszont, hogy az urán mennyisége egyenesen arányos a kibocsájtott sugárzás mértékével. Becquerel felfedezése alapján kijelenthetővé vált, hogy az egyes anyagok külső behatás, valamint külső energiaforrás nélkül energiát hordozó sugárzást bocsátanak ki. Azt feltételezte, hogy a radioaktív sugárzás kizárólag uránnak sajátos tulajdonsága. Ez az elmélet azonban egyszerre mondott ellent az addig köztudott kémiai ismereteknek.

Pierre és Marie Curie további sugárzó anyagok felfedezését tűzte ki céljának, ennek köszönhetően megfigyelték, hogy a tórium is hasonló jelenséget mutat, mint az urán. Ezek után idővel a polónium és a rádium radioaktív sugárzására is fény derült a kutatásoknak köszönhetően.

Ernest Rutherford kísérleteinek segítségével sikerült azonosítani a Curie házaspárnak, az Alfa-sugárzást és a béta-sugárzást. Nem sokkal később 1900-ban Paul Ulrich Villard a gamma-sugárzást is felfedezte, ebből jutott arra a következtetésére, amit a későbbiekben be is bizonyítottak, hogy a gamma nagy energiájú elektromágneses sugárzás.²

A radioaktív sugárzás felfedezése utáni első évtizedekben még nem volt ismert a káros hatása. A köztudatban elterjedt az akkor még csak természetes eredetű radioaktív anyagok

² Sekiya, M., Yamasaki, M. Antoine Henri Becquerel (1852–1908): a scientist who endeavored to discover natural radioactivity. *Radiol Phys Technol* **8**, 1–3 (2015). <https://doi.org/10.1007/s12194-014-0292-z> (letöltve:2024.09.05)

sokszínű felhasználása. Számtalan terméknek jelent meg radioaktív változata a hétköznapi fogyasztási cikkekben, az összes társadalmi réteg számára. Megjelent többek között a rádiumot tartalmazó csokoládé, cigaretta, kozmetikumok, sőt még az ivóvizet is sok esetben akkori találmányokkal radioaktívvá tették. Az ilyen termékek forgalmazása a II. világháborúban is elterjedt. Például a német hadsereg katonái radioaktív fogkrémet használtak, a jó baktériumölő képessége miatt. Ez jól szemlélteti azt a tényt, hogy az emberek hamarabb kezdenek el használni bizonyos dolgokat, mielőtt még megértenék azokat, illetve egyéb hatásukat.³

2.2 A radioaktív anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek a történelemben

A történelem folyamán a radioaktivitás és maghasadás tényleges pusztító erejével az emberiség a II. világháború alatt szembesült az első alkalommal.

Atombombát először az Amerikai Egyesült Államoknak (továbbiakban: USA) sikerült kifejlesztenie a Manhattan projekt keretein belül, amit a Trinity projektben le is teszteltek. A kutatásokat Oppenheimer zsidó származású fizikus vezette. A kutató csapatban több magyar származású ember is részt vett, például Szilárd Leo. 1945 július 6-án a sok kutatás eredményeképpen megszületett az atombomba, amit éles helyzetben 2 alkalommal vetettek be. 1945 augusztus 6-án Hirosima városára dobták le az Enola Gay nevű B-29-es bombázó által szállított Little Boy típusú bombát, ami egy uránium alapú atombomba volt. 1945 augusztus 9-én Nagaszaki városát bombázták. Ennél az akciónál a Fat Man elnevezésű bombát vetették be, ami már plutónium alapú volt.

A bombák ledobása miatt Hirosima esetében az elhalálozások száma 90 000 – 166 000 ember, ameddig Nagaszaki városának esetében 60 000 – 80 000 ember lehetett a becslések szerint.

Ez volt az első reprezentációja annak, hogy a maghasadás és a radioaktivitás mekkora pusztító erőre képes. A fentebb részletezett adatok alapján látható, hogy a hasadó anyagok rendelkeznek azzal a képességgel, mellyel atomrobbanást lehet előidézni. Ezért is fontos a katasztrófavédelem számára, hogy a közúti ellenőrzések ideje alatt a csempésztett radioaktív vagy hasadóanyagok megelőzésére, felderítésére is képes legyen.⁴

Az atombombák ledobása után Hirosimában és Nagaszakiban megnövekedett a sugárbetegségek. A sugárzás hosszú távú hatásai közé tartozik a fokozott rákos megbetegedés és a születési rendellenességek növekedése, amelyek az utódokra is kihatnak.

³ Dr.Jarosievitz Beáta & Dr.Sükösd Csaba – radioaktivitás felfedezése

⁴ United States Army corp of engineers - The Atomic Bombings of Hiroshima and Nagasaki [The Atomic Bombings of Hiroshima and Nagasaki - Google Books](#) (letöltve:2024.09.05)

Az atomerőművekkel kapcsolatos első publikus katasztrófa a Szovjetunió területén található Csernobil városában 1986 április 26-án volt. A világ szemtanúja lehetett az atomreaktorok által okozott veszélyeztető hatásnak. Ez volt az első olyan atomkatasztrófa, ami köztudatba került. 1986 április 26-án a 4. számú csernobili reaktor egy teszt miatt, gőzrobbanás következtében kigyulladt. Érdeemes kiemelni azt a tényt, hogy a Csernobilban használt RBMK-típusú reaktor sajátos tervezési hibái hozzájárultak a katasztrófához. Ezek közé tartozik a pozitív üregtényező, ez a teljesítménynek az instabilitásához vezetett, illetve annak a ténye, hogy a reaktort szabályozó rudak tervezése késleltette a teljesítménycsökkentést. Fontos megemlíteni, hogy az atomerőmű biztonságának tervezése alatt figyelembe vették a költségeket, akár a biztonság csökkentésének érdekében is. A balesetet egy tesztelés okozta, melynek a célja volt, hogy az atomerőmű áramszünet alatti működését vizsgálják. A kísérlet része volt a biztonsági rendszerek részleges kikapcsolása, ami további károkat okozott, illetve súlyosbította a fellépő eseményeket. Az esemény következtében 400.000 embert kellett evakuálni, és 200.000 km² terület volt kitéve 37.000 Bq/m² es sugárszennyezettségnek, 3.900.000 km² pedig kisebb mértékben szennyeződött, ami Európa területének 40%-a. Az atomreaktorok nem képesek atomrobbanásra, ugyanis az itt felhasznált urán dúsítottsága nem elég magas ahhoz, hogy elérje a kritikus tömeget. Itt a legnagyobb veszélyforrás a gőzrobbanás, ami túlmelegedés következtében jön létre (magolvasás). Ebben az esetben a víz halmazállapot változása közben fellépő 1750-szeres térfogat növekedés váltja ki a robbanást. A kárelhárítás közben nem hozták nyilvánosságra, hogy radioaktív anyag került a környezetbe, ami által a jelen lévők óriási dózisterhelésnek voltak kitéve. Ebben az időszakban még nem rendelkeztek a maihoz hasonló nukleárisbaleset-elhárítási képességekkel a beavatkozó szervek. A reagálás és helyzetfelismerés az akkori politikai helyzetnek köszönhetően lassú, rosszul szervezett volt. Ennek következtében a környezeti kár, a személyeket érintő egészségkárosodás nagyban redukálható lehetett volna, erre egy tökéletes példa a Japánban bekövetkezett erőmű katasztrófája.⁵

Japánban 2011 március 19-én 14 óra 46 perckor egy 9,0-es erősségű földrengés, majd ennek hatására egy 40 méter magas szökőár okozott egy nagy kiterjedésű káreseményt a fukusimai atomerőmű működésében, bár természeti katasztrófa hatására történt az eset, mégis emberi mulasztások okozták a tragédiát. A kijutott radioaktív anyag mennyisége több tíz kilométeres sugarú körben okozott radioaktív szennyezést. Az esemény következtében 3 reaktor magolvasása következett be. Az evakuálás 20 km-es zónában lett meghatározva. Az itt

⁵ Online: VISE - CHERNOBYL; CHRONOLOGY OF A DISASTER (letöltve.2024.09.05)

történt szennyeződés a magasabb biztonsági követelmények, a gyors reagálás és kárelhárítás következtében csak kb. 20%-a Csernobili katasztrófához képest. Japán a gyakori földrengések és természeti katasztrófák miatt magas szintű rezilienciát alakított ki a természeti csapások következményeinek redukálására. Ez jól szemlélteti, hogy a technológia fejlődésével, a szigorúbb szabályozásokkal, illetve a tájékoztatás, beavatkozás és elhárítás sebességének növelése a környezeti károk akár exponenciális csökkentését is eredményezhetik. Az IAEA három hónappal a katasztrófa bekövetkezése után miniszteri konferenciát szervezett a nukleáris biztonságról. Ez megnyitotta az utat az IAEA Nukleáris Biztonsági akciótervének egyhangú elfogadását, ami napjainkban is elősegíti a globális nukleáris biztonság megerősítését.⁶

Látható, hogy a katasztrófák, események számtalan okból bekövetkezhetnek, és jellegük nagyban eltérhet. Ezért kell folyamatosan növelni a biztonsági záruk mennyiségét és minőségét egyaránt. Az viszont kimondható, hogy a kockázatsökkentés következtében az nem szűnik meg, így az egészségügyi következmények kielemezésére és kutatására egyre nagyobb hangsúlyt kell fektetni.

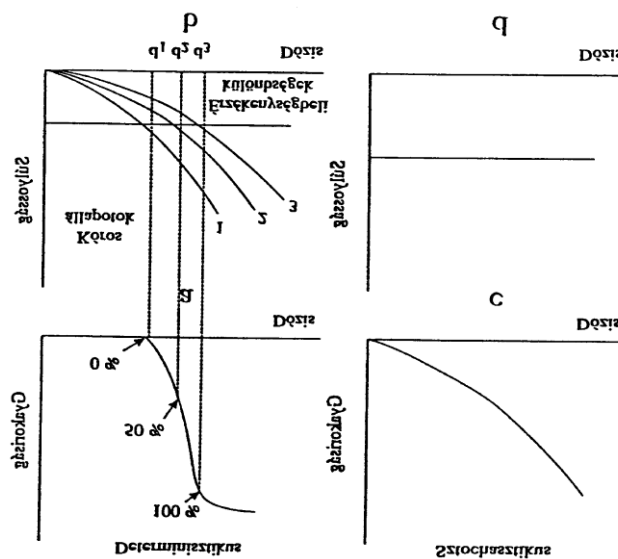
2.3 Az ionizáló sugárzás egészségügyi hatásai

Az előző fejezetben kifejtett események alatt áttekinthettük, hogy milyen mértékű katasztrófák történtek az elmúlt évszázadban. Viszont az ionizáló sugárzásnak kitett állapot egészségügyi károsításának ismerete elengedhetetlen. Jelen bekezdésben azt vizsgálom, hogy a radioaktív sugárzás milyen hatást gyakorol az emberi szervezetre. Ennek áttekintéséhez és vizsgálatához szükséges áttekintennem az élettani hatásokat, melyet az ENSZ is folyamatosan vizsgál és kutat.

A radioaktív sugárzásnak természetesen komoly élettani hatásai vannak. Ezek vizsgálatával napjainkban is folynak kutatások. Az ionizáló sugárzás okozta egészségkárosodást sugárbetegségnek nevezzük. Ez a fogalom alatt a legtöbb esetben az akut, rövid távú expozíciót értjük. Az elnyelt dózis viszont akár kis mennyiségben is válthat ki hosszú távon egészségkárosodást. Itt minden esetben számításba kell venni, hogy minden egyén és szervezet különböző dóziskorlással rendelkezik. A sugárhatás kiváltásához szükséges küszöb dózis megléte, vagy hiánya alapján a biológiai effektusokat két típusra oszthatjuk, determinisztikus és a sztochasztikus folyamatokra. A determinisztikus hatás

⁶ gsr - Sisters discuss Haiti's progress, stagnation 10 years after severe earthquake Sisters discuss Haiti's progress, stagnation 10 years after severe earthquake | Global Sisters Report (Letöltve: 2024. 09.05)

minden esetben megjelenik, ha a dózis a küszöbértéket meghaladja és hiányzik vagy annál kisebb. Ennél a hatásmechanizmusnál a kiváltott károsodás mértéke arányos lesz a dózissal. Ilyen küszöbértékekhez kötött károsodások például a bőrsérülések. A sztochasztikus hatás esetében küszöbdózisok nélküli hatásról van szó, ahol az elnyelt dózissal a változás bekövetkezésének a valószínűsége lesz arányos, nem pedig annak a súlyossága. Minél nagyobb egy populáció egyedeinek a száma és a dózisterhelés, annál nagyobb egy sztochasztikus folyamat kialakulásának kockázata. Ezek a változások később jelentkeznek a sugárdózist elszenvedő személyekben, vagy akár leszármazottjaikban.⁷



1. ábra. determinisztikus és sztochasztikus sugárhatás⁸.

A katasztrófavédelem iparbiztonsági feladatokat ellátó állománya sztochasztikus hatással találkozhat az ellenőrzések ideje alatt. a 2/2022 OAH rendelet káreseti tevékenységet végző állományról külön rendelkezik a személyi dózis tekintetében. Ezek kizárólag csak a beavatkozásokra, és azok időtartamára vonatkoznak. Itt a várható effektív dózis tekintetében, egy bizonyos szint fölött csak önkéntes alapon lehet beavatkozni, kizárólag életmentés céljából.

A VÁSZ ellenőrzését végző személyek foglalkozási sugárterhelésnek vannak kitéve, melyet a 2/2022 OAH rendelet jogilag teljes mértékben korlátoz és szabályoz. A KML és KSE állomány végeznek káreseti tevékenységet a veszélyes áruk szállításának hatósági felügyelete mellett. Ennek következtében alkalmasszerűen kitehetők kifejezetten magas effektív dózissal

⁷ A biológiai sugárhatás elméleteiről - A determinisztikus és a stochasztikus sugárhatás elmélete

⁸ (IAEA, 1985, Rontó Györgyi, 1994)

is. A KSE viszont nem rendelkezik olyan felszereléssel, ami a beavatkozás ideje alatt elnyelt dózissal foglalkozna. Ennek beszerzése a személyi dózis tekintetében kiemelt jelentőséggel bír. A személyi dozimetriai eszközeink viszont nem személyhez, hanem beosztáshoz vannak kötve. Így nehezen állapítható meg az, hogy egy személy mennyi dózissal rendelkezik egy adott évben, vagy a vizsgált 5 éves időszakban. A KML és KSE személyi állománya egyszerre tartozik a 2/2022 OAH rendelet beavatkozói, mind a foglalkozási körben sugárterhelést elszenvedett személyek körébe. Itt vizsgálendő az a helyzet, hogy ha egy beavatkozás alatt már összegyűjtötte a személy a foglalkozás körében elszenvedhető effektív dózist, akkor ebben az esetben, végezhet-e hatósági ellenőrzést a veszélyes áru szállítása tekintetében, ahol bármilyen áru előfordulhat. Javaslom, hogy személyi dozimetria tekintetében legalább a KML és KSE szolgálatot ellátó személyek számára folyamatosan mérni és dokumentálni kell a dózisszintjüket egy személyi doziméter használatával. Ezzel a módszerrel a determinisztikus hatás teljes mértékben megelőzhető, a sztochasztikus hatás redukálható.

A beavatkozási korlát 500 mSv, ami 0,5 Sv effektív dózist jelent a beavatkozást végző személyek számára. Itt az International Commission on Radiological Protection (továbbiakban: ICPR) 26. és 60. publikációja alapján már fellép a vérben lévő lymphocyta-populáció (fehérvérsejtek egy csoportja) csökkenése. Az ICRP 1 Sv-ben határozza meg a hányást, és hasmenést, mint közvetlen fellépő akut hatást. 2 Sv-től már lokális sérülésekről beszélünk, ilyen például az erythema (fedőszöveten fellépő foltos elváltozás). 3 Sv-nél már felléphet szürke hályog megjelenése is. 3-10 Sv már az összes szövetet és belső szervet komolyan terheli. A0 sztochasztikus hatása egyénenként eltér, a szervezet dózis elleni rezilienciája függvényében már halál is bekövetkezhet. 10 Sv effektív dózis meghaladása esetén 5 éven belül a halál valószínűsége már exponenciálisan megnő, a halálozási ráta LD50 (medián halálos dózis).⁹

⁹ ICRP

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

A katasztrófavédelem radioaktív anyagokkal kapcsolatos tevékenységek felügyeletét olyan gépjárművekkel, illetve eszközökkel tudja biztosítani, amik megfelelnek a 21. század követelményeinek. Jelenleg a Katasztrófavédelmi Mobil Laborok és Sugárfelderítő Egységek rendelkeznek ezzel a képességgel. A műszerezettség és eszközellátottság mellett a személyi állomány széleskörű radiológiai ismerete is számottevő jelentőséggel bír a megfelelő színvonalú beavatkozás és a sugárvédelem magas fokú biztosítása érdekében.

A katasztrófavédelemnél jelenleg a SOR/T személyi doziméter van rendszeresítve nagyobb számban a KML-ek és valamennyi gépjárműfecskendő málhájában. A KSE gépjárművekre személyi doziméter nem került rendszeresítésre, mindössze csak egy dózisteljesítmény mérésére alkalmas felszerelés. A dolgozatomban ezeket a műszereknek a többi sugázmérő mellett széleskörűen áttekintem. A műszerek pontos paraméterei kulcsfontosságú szerepet játszanak, hogy a személyi dozimetria megfelelően működjön.¹⁰

A radioaktív anyagokkal, ionizáló sugárzással kapcsolatba kerülő személyek által elnyelhető dózisiról már az ENSZ is külön rendelkezik. Az EU az ENSZ irányelvet építette be a jogrendszerébe, így külön minden tagállam – ahogyan Magyarország is – egységes jogszabállyal rendelkezik.

Dolgozatomban vizsgálom, hogy az aktuális jogi szabályzók megtartása mellett a hivatásos állomány mekkora dózisnak van kitéve. Célom az eszközpark és az eljárásrend áttekintése mellett, hogy rávilágítsak a nagyobb mennyiségű személyi doziméter beszerzésének megindoklására.¹¹

A katasztrófavédelem szervezeténél a gyakorlatok, illetve a nukleárisbaleset-elhárítási feladatok végrehajtása során személyi doziméter viselése a belső szabályozók szerint kötelező. A VÁSZ ellenőrzések folyamán viszont a hatályban lévő hatósági eljárásrend csak javasolja, de nem kötelezi az ellenőrt doziméter viselésére. Ebből a hatósági tevékenységből származó többletdózis-terhelésre hívom fel a figyelmet, illetve végzek számításokat, amire alapozva teszek javaslatot doziméterek beszerzésére.¹²

¹⁰ 8/2022 BM OKF főigazgatói intézkedés az Iparbiztonsági szakterületen speciális feladatot ellátó szerek tevékenységének szabályozásáról

¹¹ 8/2022 BM OKF főigazgatói intézkedés az Iparbiztonsági szakterületen speciális feladatot ellátó szerek tevékenységének szabályozásáról 2. melléklete

¹² 30/2024 BM OKF Főigazgatói intézkedés

3.1 Az atomenergia jogi szabályozása

Az atomenergia előnyei mellett komoly veszélyeket is rejteget magában. A fent említett esetek folyamán látszik egy fejlődő tendencia, ami a biztonság növekedését garantálja. Az ENSZ keretein belül működik a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (Továbbiakban: IAEA), 1957-ben alakult meg, egy megállapodás keretein belül, mely kimondja, hogy az ügynökség az ENSZ alapokmányának céljaival, alapelveivel összehangoltan végzi a béke, illetve nemzetközi együttműködés előre-mozdítását. Ez a szervezet alapozta meg az atomenergia békés célú felhasználásának irányelveit. Az IAEA csak ajánlásokat tesz, melyek nem kötelezőek, de technikai segítségért elvárja a jogrendszer összehangolását, ez a magyar jogrendszerben meg is valósult. Az ügynökség által kiadott „Basic Safety Standards” - Alapvető biztonsági előírások - (BSS)-ben tett ajánlások megegyeznek a magyar rendeletben leírt személyi dóziskorlátokkal. Feladatai közé tartozik az emberek és környezet védelme az ionizáló sugárzás káros hatásaitól.¹³

Az ENSZ keretein belül működik továbbá az Atomsugárzás Hatásait Vizsgáló Tudományos Bizottság (UNSCEAR), ami napjainkban nagy szerepet vállal az atomenergia környezetre gyakorolt hatásának vizsgálatában. A szervezetet 1955-ben hozták létre azzal a céllal, hogy tudományos alapon szolgáltatson információt az ionizáló sugárzás hatásairól, ezáltal iránymutatást nyújtson a sugárvédelem nemzetközi normarendszerének kialakításához. Az UNSCEAR rendszeresen készít publikációkat, amik összefoglalják a legfrissebb kutatások eredményeit. Ez által támogatják a kormányokat és a tudományos közösséget, hogy megfelelő intézkedéseket tudjanak hozni az ionizáló sugárzás okozta kockázatok csökkentésében. Az IAEA-ba történő csatlakozási hajlandóságot a fent említett csernobili atomkatasztrófa fokozta, így 2023 szeptember 19-i adatok alapján 178 a tagállamok száma¹⁴.

A szervezet kétoldalú egyezményekre és megállapodásra sarkalja a tagállamokat. Az IAEA ezen felül a veszélyes áru szállítása kapcsán is tesz ajánlásokat, mert a radioaktív anyagok és a radioaktív energia már széles spektrumon jelen van az élet összes területén, pl.: a szállítási ágazatokban, építőiparban és az orvostudományban is.

Az Európai Unióban a 2013/59/Euratom irányelv szabályozza a sugárvédelmet, melyet „Bázeli Biztonsági Normák Irányelvként” is ismernek. Ez határozza meg az alapvető biztonsági előírásokat a radioaktív sugárzásból eredő káros hatások elleni védelemre. Kötelezi az EU

¹³ IAEA General Safety Requirements Part 3 (GSR Part 3) - BSS

¹⁴ IAEA hivatalosan közzétett listája alapján (letöltve:2024.09.05) [International Atomic Energy Agency | Atoms for Peace and Development \(iaea.org\)](https://www.iaea.org/en/about-us/for-peace-and-development)

tagállamokat, hogy ezeket beépítsék a saját nemzeti jogrendjükbe. Az irányelv előírja a dóziskorlátokat, és szabályozza a sugárterhelést. Tartalmazza a radioaktív anyagokkal kapcsolatos tevékenységek oktatásának irányelveit. Nagyban hozzájárul a dóziskorlátok harmonizációjához, hogy az EU tagállamain belül ezek egységesítésre kerültek.¹⁵

Hazai szabályozás tekintetében a hierarchia csúcán az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény (Továbbiakban: Atom tv.) áll, ami lefekteti az alapelveket: az atom tv. 4.§ (2) pontja szerint: „Az atomenergia alkalmazása során a biztonságnek minden más szemponttal szemben elsőbbsége van.”. Az atom tv. Ezen felül lefekteti az általános előírásokat az atomenergia békés célú felhasználása kapcsán. Így szabályozza és meghatározza az atomenergia-felügyeleti szerv működését és feladatát.¹⁶

A katasztrófavédelem szempontjából beavatkozás és lakosságvédelem tekintetében a legfontosabb szabályozó: az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 2/2022 OAH rendelet. Vannak olyan foglalkozások, melyek radioaktív anyagokkal közvetve vagy közvetlen érintettek, éppen ezért a foglalkoztatottak köre más sugárterhelést szenved el, mint a lakosság. A katasztrófavédelemnél iparbiztonsági feladatokat ellátó személyek ebbe a kategóriába tartoznak. A rendelet fő feladata, hogy a dóziskorlátokat meghatározza bizonyos élethelyzetekben, illetve speciális feladatkörök ellátása esetén.

A rendeletben meghatározott dóziskorlátok az alábbiak szerint épülnek fel a 11.§ alapján: A foglalkozási sugárterhelésre vonatkozó effektív dózis-korlát évi 20 mSv. Ezt indokolt körülmények között az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) egy-egy évben ennél nagyobb, de legfeljebb 50 mSv nagyságú dózist is engedélyezhet azzal a kitéttel, hogy 5 éves periódusban nem haladja meg a 100 mSv effektív dózist. A veszélyhelyzeti munkavállalók esetében, akik általános feladatokat látnak el, a külső sugárterhelés vonatkoztatási szintje 50 mSv a teljes veszélyhelyzet-kezelési időszakra. Ha a munkavállalók a lakosság jelentős sugárterhelésének megakadályozására irányuló feladatokat látnak el, mint például a veszélyhelyzet súlyosbodásának megelőzése vagy a sürgős óvintézkedések bevezetése, a külső sugárterhelés referenciaértéke 100 mSv lehet a teljes veszélyhelyzet-kezelési időszakra.¹⁷

Emberélet megmentése, a sugárterhelés súlyos egészségkárosító hatásainak megelőzése vagy katasztrófa helyzet elhárítása érdekében a veszélyhelyzeti munkavállalók külső

¹⁵ 2013/59/Euratom irányelv (letöltve 2024.08.25)

¹⁶ 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról (letöltve 2024.09.05) www.njt.hu

¹⁷ /2022 OAH rendelet, az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről (hatályos: 2024.08.30) www.njt.hu

sugárterhelésének vonatkoztatási szintje 250 mSv lehet. A munkavállalók felkészítését és tevékenységük megtervezését úgy kell végrehajtani, hogy a várható sugárterhelés lehetőleg ne, de semmiképpen se haladja meg az 500 mSv effektív dózist a teljes veszélyhelyzet-kezelési időszakra vonatkoztatva. Ha az elhárítás során 100 mSv-nél nagyobb effektív dózis várható, az elhárítási feladatokat csak önkéntesen jelentkezés alapján lehet elvégezni. A lakossági sugárterhelésre vonatkozó effektív dózis-korlát évi 1 mSv, és terhes vagy szoptató nők nem dolgozhatnak sugárveszélyes környezetben¹⁸

3.2 A radiológia napjainkban

A radiológia napjaink egyik fontos tudományága. A fizika egy olyan irányzata, amit az elmúlt 100 évben kezdtünk el kiaknázni. Például az energetikai ipar egyik nélkülözhetetlen alappillére az atomerőművek.

Mint kritikus infrastruktúra, létfontosságú rendszerelem a katasztrófavédelem szempontjából külön kiemelt fontosságot és figyelmet igényel. A radiológia egyre több tudományterületen használatos. Ennek megjelenésével, a történelem folyamán több esetben is megtapasztalhatta az emberiség a radioaktív anyagokkal kapcsolatos eseményeket. Véleményem szerint a múlt eseményeit is meg kell vizsgálni, hogy tisztázódjon az a veszély, amit a radioaktivitás és nukleáris anyagok rejtenek magukban.

A katasztrófavédelem iparbiztonsági szakiránya központi szinten foglalkozik a radioaktív vagy nukleáris anyagokkal kapcsolatos eseményekkel, amelyeket a veszélyes üzemek főosztály nukleárisbaleset-elhárítási osztálya vizsgál. Területi szinten a katasztrófavédelmi mobil laborok (továbbiakban KML) végzik a radioaktív anyagok felderítését. 8 darab határ menti vármegyében ez a képesség kiegészül a katasztrófavédelmi sugárfelderítő egységekkel (továbbiakban: KSE). A KSE gépjárművek szakfelszerelése alkalmas a sugárforrások felderítésére, illetve azok beazonosítására. A KML és KSE eszközrendszerének használata folyamatos oktatással és kiképzéssel magas színvonalon biztosítható. Így az edukáció nélkülözhetetlen a szakemberek felkészítése szempontjából. Ez a képesség nagyban fejleszti a katasztrófavédelem radioaktív anyagokkal kapcsolatos megelőzési, elhárítási képességét.¹⁹

¹⁸ 2/2022 OAH rendelet, az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről (hatályos: 2024.08.30) www.njt.hu

¹⁹ Petrányi János, Sarkadi András, Hrabovszky Pál tű. ezredes – Sugárfelderítés Katasztrófavédelmi Mobil Labor Alkalmazásokban letöltve: (2024.09.05)
http://www.sugarvedelem.hu/sugarvedelem/docs/kulonsz/2014sv/eloadasok/SUGARELDERITES_KATASZTROF_AVEDELMI_MOBIL_LABOR_ALKALMAZASOKBAN_2014_v1.pdf

4. EREDMÉNYEK

4.1 A Katasztrófavédelmi Mobil Labor eszközszerrendszere radiológiai

Az első műszer, az IH 95 sugárszint és sugárszennyezettség-mérő, ami alkalmas a gamma sugárszint mérésére, gamma sugárszint gyors, folyamatos keresésére, gamma dózis mérésére, felületi alfa és béta szennyezettség mérésére, béta radioaktív koncentráció mérésére, összegzett alfa-béta-gamma beütésszám indikálására. Felhasználási területe éppen ezért széleskörű. A műszer jól alkalmazkodik a katonai klimatikai és mechanikai követelményekhez. Geiger-Müller számláló alapelvein működik. Ennek az eszköznek kiemelt jelentősége van, hiszen a katasztrófavédelem egyetlen olyan műszere, ami hitelesítéssel rendelkezik ezen a szakterületen. Ennek következtében a pontos méréseket a másodlagos felderítés során érdemes ezzel a műszerrel elvégezni. Az IH 95 egy aránylag nehéz eszköz, mellyel a sugárforrások keresése nem feltétlenül dinamikus, de a mérési eredmények pontosak.²⁰

Az IH-295G Terepi sugárszennyezettség-mérő műszer az IH-95-höz hasonlóan a Geiger-Müller számláló elvén működik. A rendszer felépítése, hogy egy IH-95 műszerhez csatlakozik egy külön detektor. Előnye, hogy a két detektor egyidejűleg képes mérni a gamma dózisteljesítményt és a béta felületi szennyezettséget. Gyorskereső algoritmussal rendelkezik, szennyezettség mérésénél automatikusan gammakorrektúrákat végez. Ezen felül rendelkezik egy GPS alapú nyomkövető rendszerrel, aminek segítségével egy nagyobb területen végzett felderítés alkalmával pontos és precíz áttekinthetőséget biztosít. A mérési eredményeket memóriájában tárolja, ezek számítógépre könnyedén exportálhatóak. Az export mérési pontjai a mért értékekkel együtt, azok utólagos kiértékelése érdekében térinformatikai szoftver használatával megjeleníthetőek. A műszer kielégíti a katonai klimatikai és mechanikai követelményeket is. Ennek köszönhetően nagyban felgyorsult az IH-95-höz képest a felderítés folyamata. A műszer használata kifejezetten célszerű, ha a beavatkozást végző állomány információt szeretne szerezni arról, hogy felületi szennyeződés van-e azon a területen, ahová éppen behatolni készülnek. Alkalmazása az elszennyeződés megelőzése érdekében indokolt.²¹

A SOR/T egy harcászati sugáradagmérő, rendeltetése a gamma és neutron dózis és dózisteljesítmény mérésére képes, illetve 750 mért adat tárolására is alkalmas akár 10 évig. Használata esetén fontos, hogy a ruházat alatt kell viselni, mert így a testet, és nem a ruhát érő dózis kerül eltárolásra. Ha a kijelzőhöz tartozó elem lemerült, akkor is folyamatos mérést végez.

²⁰ Sugárvédelem.hu II. évf. 1. szám (2009) 19-24

²¹ Gamma Műszaki Zrt. – Teljes gamma anyag (kiadva: 2015)

A katonai klimatikai és mechanikai követelményeknek a többi műszerhez hasonlóan megfelel. Hátránya a műszernek, hogy nem lehet folyamatosan figyelni az elnyelt dózist és dózisteljesítményt, így csak a riasztás alkalmával illetve a beavatkozás végén derül ki, hogy mekkora érték is érte a szervezetet. Mérési tartománya 9999 mSv és 0,001 mSv között van. Az eszköz egy előre beállított dózis esetén riasztást ad. Az első riasztás 0,005 mSv/h, a második riasztást 0,09 mSv/h dózisteljesítmény esetén adja. Fontos kiemelni, hogy a riasztási érték a 2023 nyarán a KML-ek részére átadott kiértékelő szoftver segítségével a sugáradagmérő műszer programozható, riasztási értékei, mérések mértékegysége, illetve a kijelző formátuma beállítható. A műszer mikroSv/h-nál kisebb mértékegységben nem tud mérni. Ennek a sugáradagmérő műszernek köszönhetően lehetőség nyílt a beavatkozó állomány, illetve a KML állományának éves dózisszintjének nyomonkövetése. Jelenleg a SOR/T sugáradagmérők beosztásra, nem pedig konkrét személyekhez lettek társítva. Kiolvasásuk és a tárolt adatok értékelése -hacsak nem volt az eltelt időszakban rendkívüli esemény- évente egy alkalommal történik. Ezért az éves dózis vizsgálatánál nehezen elkülöníthető, hogy pontosan ki volt-e téve az adott napon többletdózisnak, amennyiben riasztási szintet nem érte el a sugárterhelés. A tárolt adatok így visszamenőleg csak egy adott évi szolgálatvezénnyel együtt tud értékelhető információt adni egy személy által elnyelt effektív dózisiról. 2023 nyarán a HTP-k egyes szereire rendszeresítésre került egy-egy darab SOR/T sugáradagmérő műszer. A napi váltások alkalmával a műszeren tárolt dózisértéket az eseménynaplóban rögzítik. Abban az esetben, ha egy káreset folyamán a személyi doziméter riasztást ad, akkor gondoskodni kell egy KML riasztásáról a hatályban lévő eljárásrend alapján. A radioaktív sugárzás emberi érzékszervekkel közvetlenül nem érzékelhető –és bármelyik káreseménynél előfordulhat–, éppen ezért szükséges minden tűzoltási és műszaki mentés alkalmával viselni az eszközt.²²

A SOR/T személyi dózismérő pontosságát vizsgáltam, hogy kisebb sugárforrások esetén milyen pontossággal végzi a méréseket. Kijelenthető, hogy alsó mérési tartományban bizonytalan értékeket mutatott. Az IH-95 hitelesített mérőműszer, az általunk használt sugárforrás dózisteljesítménye 5 μ Sv/h 1 cm távolságról. A SOR/T mérésekre 13 eszközzel került sor. Az eredmények a fentebb említett sugárforrás esetében 1 cm távolságról 5-15 μ Sv/h értéket mutattak. A SOR/T figyelmeztető riasztása dózisteljesítményre (5 μ Sv/h) a sugárforrás közvetlen közelében kb. 10-15 másodperc elteltével adott riasztást. A tapasztalatok alapján megfigyelhető, hogy a műszer a mérési szintjének alsó tartományában késleltetve riaszt, a KML állomány részére ezért lenne szükség a SOR/T helyett akár TLD doziméterek beszerzésére,

²² Gamma Műszaki Zrt. – Teljes gamma anyag (kiadva: 2015)

melyel minden KML szolgálatra kötelezhető személy számára névre szólóan kerüljön kiosztásra. Ez alapján megfelelő értékelés és nyilvántartás készíthető.

Az Identityfinder illetve az Identityfinder 2 a KSE málházának részét képezte 2023 őszéig. A KSE gépjárműre viszont új izotópazonosító eszköz került beszerzésre központilag. Ennek eredményeképpen az OKF döntése szerint a KSE-vel nem rendelkező vármegyék számára kiosztásra került a KSE gépjárművekről lemálházásra került Identityfinder izotópazonosító műszer. Az identityfinder képes a rendszerében már előre eltárolt izotópok azonosítására. Mérései pontosak, de lassabbak, mint a verifinderé. A műszer korából adódóan a meghibásodási kockázata viszont aránylag magas. Több izotóp egyidejű azonosítására nem megfelelő, de ettől függetlenül a KML eszközrendszere és radiológiai felderítésének lehetőségei bővültek. A káreseti alkalmazáson túl a veszélyes áru szállítás ellenőrzése alkalmával használható.²³

A BNS-94 FM egy járműfedélzeti sugárfelderítő rendszer. Segítségével folyamatosan vizsgálható egy terület gamma és neutron sugárszintje. Az eszközzel a rejtett sugárforrások, illetve a radioaktív szennyezettség jelenléte is detektálható. A KML gépjármű bal oldalán egy kis kitekintő keretben lehetőséget nyújt a sugárkapu álcázott működtetésére. Radioaktív sugárforrás detektálása esetén hangjelzést ad, illetve a KML fedélzeti számítógépének segítségével folyamatosan nyomon követhető a dózisteljesítmény, amiről excel formátumú exportot lehet készíteni. A sugárkapu mobil módban is megtelepíthető a TVS-3 állványára, viszont nagy hátrányt jelent a súlya, ami megközelítőleg 40 kg. Ennek okán a mozgatása több problémával is járhat, illetve az alapból terhelt gépjármű súlyát tovább növeli. A 8/2022 BM OKF főigazgatói intézkedés lehetőséget biztosít arra, hogy a KML gépjárműről opcionálisan lemálházható a sugárkapu, ezzel viszont a KML gépjármű elveszíti a neutron sugárzás detektálásának képességét. A súlyból adódó problémának megoldása lehet az ólom kollimátor elhagyása, ami az eszköz súlyának nagy részét teszi ki.

A TVS-3 MLU mikro-meteorológiai állomás rendelkezik a BNS-98 sugárszintmérő eszközzel. Ez segíti a meteorológia és gázkoncentráció mérései mellett a folyamatos gamma háttérsugárzás vizsgálatát az adott káreseménynél. A BNS-98 által mért adatokat az Amarmet szoftver folyamatosan rögzíti, amely excel export formájában bármikor lekérdezhető, visszatekinthető. A BNS-98 használata minden káreset alkalmával indokolt. Egy kiterjedt tűz esetén is potenciális kockázatot jelenthet egy ismeretlen eredetű sugárforrás, ami a beavatkozó

²³ NUCLEAR SMUGGLING DETECTION AND DETERRENCE – Útmutató berendezések működési eljárásához (kiadva: 2018)

állomány és a lakosság részére is komoly veszélyeket foglalhat magában. Ez az állomány és a lakosság által elnyelt effektív dózisterhelésében, annak vizsgálatában is nagy szerepet vállalhat.²⁴

4.2 A Katasztrófavédelmi Sugárfelderítő egység eszközszerkezete

A Katasztrófavédelmi Sugárfelderítő Egység (továbbiakban: KSE) nem rendelkezik külön állománytáblával, így túlnyomó többségben a KML személyi állománya van párhuzamosítva. A felderítések folyamán mindkét eszközpark rendelkezésre áll a során vármegyék esetében, akik KSE gépjárművel rendelkeznek. Amennyiben egy területi egység nem rendelkezik ezzel a gépjárművel, úgy az eljárásrend szerint, távolsági mátrix alapján kerül riasztásra a szer.

A gépjármű menetirány szerinti jobb oldalán beépített MDS sugárkapu üzemel, ami képes detektálni és mérni a gamma és neutron sugárzást. A két nagyméretű gamma detektor műanyag-szintillációs detektor elvén működik, a neutron detektor pedig 8 darab He-3 izotóp csövet használ az érzékeléshez. A sugárkapu folyamatosan méri a gamma és neutron háttér sugárzás változását. A riasztási küszöb úgy van beállítva, hogy alacsonyan tartsa a téves riasztások arányát. Amikor a jármű, rakomány vagy utas belép az érzékelési zónába, a riasztási küszöbértéket és a háttérrel automatikusan rögzíti a kapu. A mérési zónából származó értéket, illetve a mérés megkezdésének időpontjában rögzített háttérsugárzást hasonlítja össze a rendszer. Abban az esetben, ha ezt a számított riasztási értéket meghaladja a sugárzás mértéke, akkor riasztást küld a felhasználó személy számára, ami lehet gamma, vagy neutron, esetenként gamma és neutron együttes riasztása.

A furgon Banner R-Gage QT50FAF típusú, radar alapú jelenlét érzékelővel van ellátva, ami képes érzékelni a mérési zónában álló vagy mozgó tárgyakat 1-5m távolságig. Ezen felül 2 darab videokamera került a menetirány szerinti jobb oldalajtó üvegablaka mögé elhelyezésre, ami a riasztási esemény alatt automatikusan videó eseményt rögzít, mely a riasztással együtt kerül eltárolásra. Érdemes a kamerarendszert úgy beállítani, hogy egy kamera a sugárforrás helyét, egy pedig a gépjármű rendszámát vagy a személy arcát rögzítse. Az éjszakai üzemeltetéshez külső fényforrásra van szükség. Az érzékelést befolyásolja a háttérsugárzás, a jármű/személy zónán áthaladó sebessége, a detektor és a radioaktív forrás közötti távolság és az árnyékolás mértéke. A sugárzásriasztási és videóeseményértesítő (Radiation Alarm and Video Event Notification, RAVEN) egy szoftver a riasztási események kezeléséhez. Az

²⁴ Gamma Műszaki Zrt. – Teljes gamma anyag (kiadva: 2015)

üzemeltetőt figyelmezteti a riasztási eseményekre, megjeleníti a valós idejű detektor adatokat grafikus formában. Rögzíti a riasztás részleteit, hogy segítse a riasztás értékelését és a szükséges tevékenységek végrehajtását. Az eseményekről jelentést készít, kijelzi a kapcsolódó eszközök, érzékelők helyes vagy hibás működését. Tárolja a korábban készített jelentéseket, hogy azok később felhasználhatók, illetve visszaellenőrizhetők legyenek. A riasztási események dokumentálására az adott riasztásokhoz hozzászólást, megjegyzést, akár hangfájlt is lehetőségünk nyílik csatolni.²⁵

A PackEye hátizsák egy túra hatitáskának álcázott neutron és gamma dózisteljesítmény mérésre alkalmas detektor. A hátizsákban He3 csövek érzékelik a neutron sugárzást, a gamma sugárzás detektálásáért, méréséért pedig a szcintillációs műanyag a felelős. Az akkumulátora elméletileg 10-12 óra folyamatos működést ígér, de a gyakorlatban inkább a 8 óra üzemidővel érdemes számolni. A műszer tartozékaként van pótakkumulátor, amivel az üzemideje körülbelül 16 órára növekszik. A hátizsákhoz kiegészítő felszerelésként egy kijelző, illetve egy pidion nevű okoskészülék került kiadásra. A pidion számszakilag jelzi a mért dózisteljesítményt gamma és neutron sugárzás értékeit. Az eszköz bluetooth segítségével 10-30 méteres távolságból képes kapcsolódni a hátizsákhoz. Előnye, hogy a felderítést végző és az adatokat kielemező személy külön-külön képes mozogni egy nagyobb tömegben, esetleg egy védett delegáció biztosítása közben. A hátizsák az egyetlen olyan mérőműszer a KSE beépített sugárkapuján kívül, amivel neutron sugárzás detektálható, illetve mérhető, ezért használata nélkülözhetetlen a radiológiai felderítések alkalmával. Az eszközt kényelmes viselni, mindössze 6 kg önsúllyal rendelkezik. Gamma sugárzást mérése esetén érdemes úgy mozogni, hogy a sugárforrás a felderítést végző személy mögött legyen. Alternatív lehetőség a táska kézben történő alkalmazása hord helyzetben. Neutron sugárzás gyanúja esetén pedig érdemes szembe állni a sugárforrással a mérés, keresés ideje alatt, mert az emberi testben nagy mennyiségben fellelhető víz lassítja a neutronokat, így a mért eredmény pontosabb lesz. Kézben, illetve elszennyeződés gyanúja esetén rendszeresítésre került egy, a hátizsák teljes lefedésére alkalmas védőtasak is, ez megvédi a műszert az elszennyeződéstől. A hátizsákhoz vezetékesen hozzá van kötve egy kijelzőegység, melyen 0-10 közötti skálán két sor LED lámpából álló rendszer jelez vissza a mért dózisteljesítményről külön a neutron és gamma sugárzásról. Ezen felül a kijelzőn egy külön LED jelzi, hogy a sugárzás ipari, vagy természetes sugárforrásból származhat. A hátizsák rendelkezik néma üzemmóddal is, hangerő

²⁵ NUCLEAR SMUGGLING DETECTION AND DETERRENCE – Útmutató berendezések működési eljárásához (kiadva:2018)

szabályozására a LEDekkel ellátott vezérlőegységen van lehetőség. A PackEye rendelkezik egy tároló dobozzal, melybe 3 darab lábat lehet becsavarni. Ennek köszönhetően mobil sugárkapu megtelepítésére is van lehetősége az állománynak például egy személyátesztő pont létesítése esetén.²⁶

A KSE gépjármű több, kézi sugárzásérzékelő eszközzel van ellátva. Ezeknek a műszereknek a célja a magas színvonalú felderítés lehetőségeinek biztosítása. A kisméretű kézi érzékelők kevésbé érzékenyek, mint a sugárkapu. Ilyen eszköz például a Rapidsan PRM-370 CG, ami a másodlagos sugárfelderítés legmeghatározóbb eszköze. A műszer a sugárkapu jelzése után a sugárforrás pontos helymeghatározására szolgál. Gamma sugárzást képes mérni, amit CPS ben jelez. Fontos feladat az ismeretlen sugárforrások azonosítása. A sugárzó izotóp ismerte nagyban segítheti a sugárforrás jellegét, eredetét (orvosi/ipari/természetes).

2023 áprilisában érkezett meg a KSE gépjárműre a Symetria Verifinder nevű izotópazonosító eszköz, ezáltal az Identifinder izotópazonosító eszközök a KSE-vel nem rendelkező vármegyék egy részére kiosztásra került az OKF által. Így ezután 14 vármegye képes izotóp azonosítást végezni, amivel a KML-ek képessége a radiológiai felderítés tekintetében nagyban bővült.

A Verifinder egy újonnan beszerezett gammasugárzás-mérő műszer. Súlya elenyésző, használata és kialakítása kényelmes, menüje egyszerű, és már kevés gyakorlás után is elsajátítható a készségszerű használata, ennek ellenére rendszeres gyakorlást igényel. A műszer képes a gamma sugárzás detektálására, dózisteljesítményének folyamatos mérésére. A háttérsugárzás mérésének időtartama a felhasználó által személyre szabható, de a pontos mérések érdekében érdemes legalább 2 perccel számolni. A mért háttér értékét a sugárzásmérő-műszer eltárolja, illetve 5 óra elteltével a háttérérték frissítésére hívja fel a felhasználó figyelmét. Háttér mérés esetén azonosítja a háttérsugárzást kitevő radioizotópokat, és azok forrását. Amennyiben orvosi vagy ipari eredetű sugárzást érzékel, felhívja a felhasználó figyelmét egy új háttér mérésre. Méretéhez képest kifejezetten érzékeny a műszer, az azonosítást 120 másodpercig végzi, de a felhasználónak lehetősége van a mérést megszakítani, ami által az addig felvett spektrumból megpróbálja beazonosítani a mérőeszköz a sugárforrást. A műszer nem érzékeli a neutron sugárzást, így ha az adott radioizotóp feltételezett neutronsugárzó, akkor a másodlagos gammasugárzással lehet azonosítani az izotópot. A kutatásom részét képezte egy teszt, ami alatt megfigyelhető volt, hogy a műszer 200-250 nSv/h feletti gamma sugárzás esetén képes beazonosítani az árnyékolt plutóniumot is, így elmondható,

²⁶ NUCLEAR SMUGGLING DETECTION AND DETERRENCE – Útmutató berendezések működési eljárásához (kiadva: 2018)

hogy szinte bármilyen sugárzó anyag azonosítása elvégezhető, amennyiben rendelkezik legalább 200-250 nSv gamma dózisteljesítménnyel. A műszer a tesztek alapján megfelelő alternatívája elődjének, az Identity Finder 2-nek. A sugárforrások keresése a Verifinderrel gyors és precíz.²⁷

A vizsgálatom célja az volt, hogy az Identity mellett képes-e kiváltani a PRM-370-CG-t. Több sugárforrás jelenlétében is képes volt azt a pontosságot, illetve gyorsaságot hozni, amit a PRM. Ez az eszköz véleményem szerint képes kiváltani két eszközt is a KSE gépjárművön. Az mérőműszer 2 riasztási szinttel rendelkezik, egy figyelmeztető illetve egy vészhelyzeti riasztási szinttel. Az első riasztás mindössze a háttérsugárzás kétszerese esetén jelzést ad a felhasználó személy számára. Riasztási eseményre akkor is sor kerül a készülék által, ha a műszer mesterséges radioizotóp sugárzását érzékeli. A vészhelyzeti riasztást 100 nSv/óra dózisteljesítmény meghaladása esetén következett be a tesztelés alkalmával. A műszer téves riasztásának mennyiségét és gyakoriságát is vizsgáltam. A teszt tiszta környezetben 6 órán keresztül tartott. Ebben az esetben 1 alkalommal sem történt téves riasztás. Felderítés alatt viszont már kisebb emelkedések esetén is riasztási eseményt jelzett a műszer, amit a háttérsugárzás enyhe megnövekedése is okozhat. A téves riasztások érdekében érdemes folyamatosan figyelemmel követni a gamma dózisteljesítményt minden beavatkozás alkalmával, és nem csak a hangalapú riasztásokra kell hagyatkozni. Meg kell győződni arról, hogy a riasztás tényleges, vagy téves. Veszélyes áru szállítása alatt is több alkalommal volt lehetőségünk a használatra és tapasztalatgyűjtésre. A gyakorlat azt mutatta, hogy egy több izotópot tartalmazó küldeménydarab esetén (jelen esetben talajtömörség vizsgáló) a műszerben Am-241-Be illetve Cézium 137 volt elhelyezve. Az Am-Be izotóp aktivitása a Cézium többszöröse volt. A küldeménydarabot minden oldalról megmértük illetve azonosítottuk, de folyamatosan a cézium azonosítását prioritizálta, így valószínűsíthető, hogy a műszer bizonyos izotópokra érzékenyebb. A helyszínen a fuvarokmányok és a műszerhez csatolt okmányok, engedélyek alapján tudtuk a szállított áruk fajtáját és aktivitását. Arra a következtetésre jutottunk, hogyha egymás mellett tároljuk a két izotópot, illetve egy küldeménydarabba tesszük őket, abban az esetben nem lesz képes a műszer külön-külön beazonosítani.²⁸

A KSE gépjárműben személyi sugárzásérzékelő (Pager) került elhelyezésre a teljes személyzet részére. Elsődleges feladata riasztani a személyzetet megnövekedett sugárzási szint észlelése esetén. A műszer egy 0-9ig terjedő skálán mutatja a sugárzási szintet, ezt kiegészíti

²⁷ NUCLEAR SMUGGLING DETECTION AND DETERRENCE – Útmutató berendezések működési eljárásához (kiadva:2018)

még hangjelzéssel, ami egy gomb segítségével rezgő üzemmódra állítható. A személyi sugárzásérzékelő 38 nSv/óra esetén már 9-es értéket mutat, ennél magasabb sugárzás esetén is csak ezt az értéket jelzi, ezért a biztonságos beavatkozás maximum 8-as számértéknél végezhető az eljárásrend szerint. Előnye, hogy folyamatos tájékoztatást ad a sugárszínről, kezelése felhasználóbarát. A KML személyi sugáradag mérőjét jól kiegészíti, ha a két gépjármű egy időben és egy helyen van alkalmazva. Felhasználásának tekintetében én javasolnám a Pagerek KML-en történő alkalmazását. Kis helyigényűek, könnyűek, éppen ezért nem okozna komplikációt a málházásuk. a SOR/T a beavatkozás ideje alatt ért effektív dózis értékét rögzíti, a Pager pedig a pillanatnyi háttérsugárzást követi nyomon és érzékenyebb. 2/2022 OAH rendelet alapján viszont mind a kettő értéket számításba kell venni sugárvédelmi okokból, hiszen ezzel folyamatosan és stabilan nyomon követhető lenne, hogy a beavatkozó mekkora dózist kapott a teljes beavatkozás alatt. A Pager biztosítja az alacsonyabb riasztási küszöb miatt a biztonságos mozgást egy felderítés alkalmával, mert a SOR/T személyi sugáradagmérő alacsony dózisteljesítmény esetén nem jelez pontos értéket. A gyakorlatokon, illetve a valós kárhelyszíni tevékenységeknél bebizonyosodott az, hogy a két eszköz egyidőben történő viselése, alkalmazása részletes információkat szolgáltat a kárfelszámolás időtartama alatt.²⁹

1. táblázat. A pager által mutatott értékek átszámítva dózisteljesítményre.³⁰

A pager által mutatott érték	Dózisteljesítmény $\mu\text{Sv/óra}$
0	<0,15
1	0,15-0,30
2	0,30-0,60
3	0,60-1,2
4	1,2-2,4
5	2,4-4,8
6	4,8-9,6
7	9,6-19
8	19-38
9	>38

A Pager tesztelésére is sor került, az IH-95 hitelesített mérőműszer által 1 cm-ről mért $5 \mu\text{Sv/óra}$

²⁹ NUCLEAR SMUGGLING DETECTION AND DETERRENCE – Útmutató berendezések működési eljárásához (kiadva:2018)

³⁰ NUCLEAR SMUGGLING DETECTION AND DETERRENCE – Útmutató berendezések működési eljárásához (kiadva:2018)

dózisteljesítménnyel rendelkező radioizotóp mellett. A pager ugyanebben a távolságban jelzett értéke 6-7 között mozgott, így arra a következtetésre jutottam, hogy az általa mért eredmény sokkal pontosabb a gyenge sugárforrások közelében, mint a SOR/T által jelzett értékek. A pager tesztelése közben 6 darab eszköz felhasználására került sor. Ebben az esetben mind a 6 eszköz által mutatott mérési eredmény megegyező volt. Az így mért értékek a sugárforrás jelenlétében sokkal pontosabb információt szolgáltatottak jelen sugárforrás esetében, mint a SOR/T személyi sugáradagmérők.

2. táblázat: a műszerek által mért érték³¹

Pager által mért érték	SOR/T által mért érték
6	5 $\mu\text{Sv/óra}$
6	8 $\mu\text{Sv/óra}$
7	9 $\mu\text{Sv/óra}$
7	10 $\mu\text{Sv/óra}$
7	13 $\mu\text{Sv/óra}$
7	15 $\mu\text{Sv/óra}$

A Katasztrófavédelmi Sugárfelderítő Egység a fent részletezettek alapján, magas színvonalon képes támogatni a KML gépjárművet. Jól észrevehető, hogy a KML műszerei és a KSE műszerei között lényegi eltérés mutatkozik. A KSE jobb, gyorsabb és egyszerűbb alternatívája a sugárforrások felkutatásának, bár hitelesítéssel és személyi dózismérővel nem rendelkezik. Tapasztalataim alapján vannak olyan eszközök a KSE gépjárművön, aminek a KML re történő beszerzése indokolt lenne. Ilyen a fent részletezett okokból egy izotóp azonosítására alkalmas eszköz málházása a KML gépjárműveken, melyek részére identifinder nem került kiosztásra. illetve 3 darab elnyelt személyi dózis monitorozására alkalmas eszköz (például SOR/T) rendszerbe állítása a KSE gépjárműre az éves elnyelt dózis nyomonkövetése célból. A legcélravezetőbb viszont, ha minden személynek, aki foglalkozásából adódóan sugárforrással találkozhat, illetve többlet dózis érheti, névre szóló személyi doziméter kerülne kiosztásra.³²

³¹ A sugárforrás (Co60) hitelesített dózisteljesítménye 5 $\mu\text{Sv/óra}$, a táblázatban 2 eszköztípus mérési eredményei látszódnak.

³² 8/2022 BM OKF főigazgatói intézkedés az Iparbiztonsági szakterületen speciális feladatot ellátó szerek tevékenységének szabályozásáról

4.3 A személyi állomány képzése

A radioaktív anyagok felhasználása, azok szállítása évről évre növekvő tendenciát mutat, így a szolgálatot teljesítő kollégák egyre gyakrabban találkoznak sugárforrásokkal. A KSE-vel rendelkező vármegyéknél nincsen külön állomány a sugárfelderítő egységre. A hatályban lévő belső szabályozó alapján a KML állománya adja a KSE szolgálatot is. A sugárvédelem így nem csak technikai kérdés. A KML szolgálatra kötelezhető személyek sugárvédelmi képzésére kiemelt hangsúlyt kell fektetni. A véleményem szerint a megnövekedett mennyiségű SOR/T személyi doziméter kiosztása gyarapítani fogja a radioaktív anyagokkal kapcsolatos felderítések számát. A jelenleg hatályban lévő belső szabályozók alapján a KSE gépjárművek személyi állományából legalább egy főnek rendelkeznie kell az OAH által kiállított, bővített fokozatú sugárvédelmi bizonyítvánnyal.³³

A KML állománya, aki egyben a KSE állományát is adja, a hivatásos szolgálati jogviszonyról szóló 2015. évi XLII törvény értelmében mindössze 2580 óra munkaidőn túli készenlétet³⁴ láthatnak el. Ebből kifolyólag a KML beosztásban lévő személyek nem képesek ellátni egy adott év teljes készenléti szolgálatát, ezért a KML állományában csatolt munkakörrel is vesznek részt olyan személyek, akiknek munkakörük teljesítése mellett látják el a KML szolgálatot. Ezek a személyek rendszerint a Katasztrófavédelmi Kirendeltségek (továbbiakban: KvK), vagy a Helyi tűzoltóparancsokságok (továbbiakban: HTP) állományából kerülnek ki. Ezek a személyek elvégezték a szükséges Katasztrófavédelmi Oktatási Központ által szervezett KML képzést. Ettől függetlenül bizonyos helyzetekben számszakilag kevés készenlétet adnak, illetve kevesebb gyakorlaton nyílik lehetőségük részt venni. Jelenleg a technikakezelői gyakorlatok, illetve a saját és az OKF által szervezett gyakorlatok és oktatások alatt van lehetőségük ismereteik felújítására. A nukleárisbaleset-elhárítással kapcsolatos káresemények nem túl gyakoriak, így az állomány a veszélyes áru szállítás kapcsán, illetve a gyakorlatokon találkozhat a legnagyobb számban radioaktív izotóppal. A csatolt munkakört ellátó kollégák a kis mennyiségű szolgálat miatt könnyen előfordulhat, hogy gyakorlati tapasztalatot ezek kapcsán az alapképzésen túl nem szerez. Minden KML vagy KSE szolgálatra kötelezhető személy részére szükséges lenne legalább egy alapfokú sugárvédelmi képzés elvégzése, amivel már elegendő ismeretanyagot szerezne a biztonságos feladatvégrehajtáshoz.³⁵

³³ 8/2022 BM OKF főigazgatói intézkedés az Iparbiztonsági szakterületen speciális feladatot ellátó szerek tevékenységének szabályozásáról

³⁵ 2015 évi XLII törvény a hivatásos szolgálati jogviszonyról

Azoknak a személyeknek a részére, akik részt vesznek a radioaktív anyagokkal kapcsolatos tevékenységekben, illetve munkakörükből adódóan többletdózis érhető őket, azok a személyek számára szükséges egy személyi dózis mérésére alkalmas eszköz kiadása, az éves dóziskorlát meghaladásának, illetve a sztochasztikus hatás minimalizálásának érdekében. Ezeknek a személyi dózis mérésére használt eszközöknek a megfelelő és üzemszerű használatának fontosságát oktatásba kell foglalni. Az oktatás után a hivatásos állomány,- aki doziméterrel rendelkezik - megfelelően tudják megítélni azokat a potenciális kockázatokat, amit a többlet dózis elszívódása miatt vállalnak.

4.4 A KML és KSE eljárásrendjének áttekintése

A rendszeresített KML-ADR gépjárművek eszközrendszere a fentiekben már kifejtésre került. A radioaktív anyagokkal kapcsolatos felderítésre belső szabályzó biztosít eljárásrendet, melynek elsődleges célja a felderítésben, mentésben (mentő és mentendő) résztvevők sugárvédelme.³⁶

További feladata a radioaktív anyagok felderítése, helyének megjelölése, illetve a veszélyességi zóna határainak kijelölése. Lehetőség szerint szükséges a sugárforrások (radioaktív izotópok) azonosítása. A KML-ek képessége kiterjed gamma dózisteljesítmény- és a felületi béta szennyezettség mérésére is. Ezen mérések eredményei már felhasználható információkkal szolgálnak a sugárforrások azonosítása, konkrét adatszolgáltatás az OSKSZ részére. A KML állomány feladata a mentesítés megszervezése is. A neutron sugárzás mérésére viszont könnyen mobilizálható eszköz nem áll rendelkezésre a KML gépjárműveken. Az izotópok neutron sugárzásának detektálása és mérése jelenleg csak a KSE gépjárművek speciális szakfelszerelésével kivitelezhetőek –a kötelező málna alapján– (Packeye hátizsák és MDS sugárkapu). Ez több veszélyt is hordoz magában, mivel önállóan a KML nem képes saját hordozható felszerelésével kivitelezni a neutron sugárzás detektálását, mérését. Egy feltételezett sugárforrás lehet, hogy kisebb gamma dózisteljesítménnyel rendelkezik, így akár nem is tekinti azt kellően veszélyesnek a mérést vagy azonosítást végző személy. Eközben lehet, hogy egy erős neutron sugárzóról beszélünk, amely képes felaktiválni a környezetben lévő anyagokat.³⁷

³⁶ 8/2022 BM OKF főigazgatói intézkedés 1. az Iparbiztonsági szakterületen speciális feladatot ellátó szerek tevékenységének szabályozásáról

³⁷ 8/2022 BM OKF főigazgatói intézkedés 1. az Iparbiztonsági szakterületen speciális feladatot ellátó szerek tevékenységének szabályozásáról

A KSE radiológiai káresemények kapcsán a KML támogatását végzi, viszont nem rendelkezik minden vármegye KSE gépjárművel, vagy azok speciális szakfelszereléseivel.³⁸

4.5 A KML és KSE állományát érintő sugárterhelés vizsgálata

4.5.1 Veszélyes áru szállítás ellenőrzésében elszenvedett dózis

Mindenekelőtt tisztázni kell, hogy mi minősül radioaktív anyagnak a veszélyes áru szállítás tekintetében. Az ADR így fogalmaz:

„Veszélyes áru szállítás tekintetében minden olyan anyag radioaktív anyagnak minősül, amely radionuklidokat tartalmaz, és az aktivitás koncentráció, illetve a küldemény teljes aktivitása nagyobb, mint az erre vonatkozó rendelkezések által meghatározott érték”.³⁹

Az első vizsgálatomban, egy 3,5 tonnát meg nem haladó össztömegű gépjármű hatósági ellenőrzését vettem alapul. A feltételezés legyen az, hogy a veszélyes áru szállítását végző cég minden ADR szerinti előírást megfelelően alkalmaz és ADR szerinti hiányosság semmilyen szempontból nem merül fel. A raktér kinyitását követően az ellenőri állomány 2 darab fémdobozt talál a raktérben elhelyezve, melyek radioaktív bárcával és a szállításhoz külön előírt információkkal volt ellátva, amelyben UN2916 radioaktív anyag, B(U) küldeménydarabban nem hasadó vagy hasadóanyag mentes anyagot szállítottak (Cézium-137). A fuvarokmányok és egyéb engedélyek mindegyikével rendelkezik. A transzport indexe 2. (A transzportindex egy szállítási mutatószám, mely 0-10-ig terjed, számítása a küldeménydarabtól számított 1 méteres távolságból mérhető dózisteljesítmény mikroSv/órában, majd az elosztva 10 el.)⁴⁰ A transzport indexe alapján az 1 méter távolságból mért gamma dózisteljesítménye 20 mikroSv/óra. Az ellenőrzés közben a Katasztrófavédelmi Sugárfelderítő Egység (továbbiakban: KSE) a helyszínen tartózkodott. A szállított árut izotópazonosítóval megvizsgálják az ellenőrzést végrehajtó személyek. Ezek mellett személyi dozimetriával rendelkeznek (SOR/T és Pager), így folyamatosan lehetőségük van egy biztonságos zónát kialakítani, illetve megfelelő távolságban mozogni. Az ellenőrzés 2 óra hosszát vehet igénybe, amennyiben jegyzőkönyv felvételére vagy egy kérdéses pont vizsgálatára kerülne sor. A veszélyes áru közúti szállításának ellenőrzése közúton általánosságban az úttest mellett pihenőhelynek kialakított rész, ami nem minden esetben üres, így az ellenőrzést végző személyek nem képesek olyan szintű

³⁸ 8/2022 BM OKF főigazgatói intézkedés 1. az lparbiztonsági szakterületen speciális feladatot ellátó szerek tevékenységének szabályozásáról

³⁹ 284/2023 (VI.30) kormányrendelet; ADR 2.2. 284/2023 (VI.30) kormányrendelet a Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló Megállapodás „A” és „B” Melléklete kihirdetéséről, valamint a belföldi alkalmazásának egyes kérdéseiről; ADR 2.2.7 www.njt.hu

⁴⁰ Europäische Kommission: Steuern und Zollunion – Radioaktive Stoffe Gesundheitsschutz und Sicherheit (letöltve: 2024.09.05)

védőtávolságot tartani, ahol a többlet dózisterhelés már nem számottevő mértékben van jelen, vagy teljes mértékben a hatósugarán kívül esik. Az ellenőrzést végrehajtó állomány viszont hol közelebb, hol távolabb tartózkodik a sugárforrástól, mert a csomagolóeszközök, azok bárcázásának, illetve kötelező információk megtekintése, izotóp pontos azonosítása (KML esetén Identityfinder, még KSE esetében Verifinder mérőműszerrel) csak a raktérben lehetséges. Ezért érdemes a Transzportindexet alapul venni a személyi dózis kiszámítása érdekében, amennyiben a helyszínen nem áll rendelkezésre személyi dozimetria eszköz. Abban az esetben, ha az ellenőri állomány bizonyos kérdések tisztázása végett kihasználja a 2 órát az ellenőrzés maximális idejéből, abban az esetben az ő szervezetüket ért effektív dózis könnyen kiszámolható. A transzport indexel számolva 2×20 mikroSv/óra, azaz 0,04 mSv dózist nyelt el az ellenőrzést végző személy egy szállítást végző, aránylag kis szállítási mutatószámmal rendelkező jármű ellenőrzésének ideje alatt.

A 2/2022 OAH rendelet 12§ (2) bekezdése alapján a foglalkoztatási sugárterhelésre vonatkozó effektív dózis korlátja egy év tekintetében 20 mSv / év nagyságú, mely 5 év viszonylatában 1 alkalommal engedélyez 50 mSv / év sugárterhelést, de az 5 év intervallumában nem haladja meg a 100 mSv-t. Jelen szállítás ellenőrzése közben az ellenőri állomány által elnyelt dózis 40 mikroSv. Ez a megengedett többletdózis mindössze 0,2%-a. Ettől függetlenül az ellenőrzést végzők nagy számban végzik a veszélyes áruk szállításának ellenőrzését, így ez a szám hasonló elnyelt dózis esetén már számottevő lehet, de vélhetően nem haladja meg az Országos Atomenergia Hivatal által engedélyezett dózist. Maga az elnyelt dózis ebben az esetben jól követhető, így amennyiben veszélyhelyzeti munkavállalók is az ellenőrzést végző személyek, naplózható az általuk elnyelt teljes dózis az OAH rendeletben előírt 100 mSv / 5 éves periódus vonatkozásában. A katasztrófavédelemnél a KML és KSE állománya rendelkezik személyi dózismérő eszközökkel, viszont ezek –mint már korábban említésre került– beosztásokhoz vannak társítva, nem pedig személyekhez. Ez abból a szempontból okoz komplikációt, hogy egy adott személy sugárterhelése más-más beosztásban meghaladja a számára előírt dóziskorlátot.⁴¹

Fontosnak tartom vizsgálni, a közúti szállításban leggyakrabban előforduló UN 3332 RADIOAKTÍV anyag, A típusú küldeménydarabban, különleges formában, nem hasadó vagy hasadóanyag-engedményes, 7, (E). Ez a szállított veszélyes áru általában Cézium-137 (aktivitás

⁴¹ 2/2022 OAH rendelet, az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről www.njt.hu (hatályos: 2024.08.30)

max: 370MBq) illetve Am-241-Be (Aktivitás max: 1,85 GBq) zárt sugárforrások, ami a talajtömörség-vizsgáló műszerekben található.

Ezekkel a műszerekkel szállítást végző személyek a gyakorlati tapasztalataim alapján szinte minden esetben csak 1.3 szerinti ADR oktatással rendelkeznek az ADR S21-es különleges előírása szerint, ami megfelel ilyen kis aktivitású anyagok szállításához. Ezeknél a szállításoknál viszont nagyobb számban fordulhat elő ADR szerinti hiányosság. Ebben az esetben, amennyiben a szabálytalanság feltárására kerül sor bármilyen formában, az kitolhatja az ionizáló sugárzásnak kitett állapotot, ezeknek a szállításoknak a maximum transzportindexe 1-3. Az ADR előírásai alapján nem lehet őrizetlenül hagyni ezeket a szállítmányokat, így amennyiben a hiányosság kijavításáról intézkedni kell, az jelen helyzetben akár 4 órát is igénybe vehet.⁴²

A lehetséges transzportindexnek jelen helyzetben vegyük az átlag értékét, ez 2 TI. Az ellenőrzés és a hiányosság kijavítása a feltételezettek szerint 4 órát vett igénybe. A gépjármű, illetve sugárforrás jelenlétében eltöltött idő így a számításokhoz 4 óra hossza, a folyamatos árufelügyelet miatt. A dózisteljesítmény jelen esetben 20 mikroSv/óra, az általunk elnyelt effektív dózis pedig ez alapján 80 mikroSv. Ez ismét a megengedett többletdózis mindössze 0,4%-a. A KML és KSE szakfelszerelése amennyiben a szállítás ellenőrzésének időtartama alatt a hatóság rendelkezésére állnak, akkor érdemes izotópazonosító eszközzel megvizsgálni a szállított izotóp típusát. Az összes szállítás transzporindexét, amennyiben lehetőségünk van érdemes saját műszerrel is megmérni. Erre az egyetlen katasztrófavédelemnél hitelesített mérőeszköz az IH 95 terepi sugárszennyezettség-mérő.

A gyakorlatban nem csak a közúti szállítás során találkozunk sugárforrásokkal. A XXI. században az egészségügy egyre szélesebb spektrumon alkalmaz ionizáló sugárzással rendelkező forrásokat a vizsgálatok során. Az egészségügyben legnagyobb számban Cézium-137 izotóp lelhető fel. Az egészségügy jellegzetessége ezen felül, hogy a sugárforrások általánosságban magas aktivitással rendelkeznek. A sugárforrások minden esetben zártak, de vizsgálatok ideje alatt nyílt sugárforrásként tölti be funkcióját. A bővített fokozatú sugárvédelmi képzésemen találkoztam olyan C-137 izotóppal, melynek 1m távolságból mért gamma dózis teljesítménye 1 mSv/óra értékkel rendelkezett, melyet a verifinder izotópazonosító műszerrel mértem.

⁴² 284/2023 (VI.30) Korm. Rendelet a Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló Megállapodás „A” és „B” Melléklete kihirdetéséről, valamint a belföldi alkalmazásának egyes kérdéseiről

4.5.2 A gyakorlatokon és beavatkozásokon elszenvedett dózis

Egy feltételezett káresemény egy egészségügyi intézményben, ilyen dózisteljesítménnyel rendelkező izotóp esetében számottevő effektív dózist okoz a beavatkozásban résztvevő számára, még abban az esetben is, ha az érintett személy csak kevés időt tölt a sugárforrás közelében. Fontos kiemelni, hogy ez a dózisteljesítmény még nem önkéntes alapú beavatkozásnak minősül a 2/2022 OAH rendelet 15§ alapján. Így azok a személyek, akik a beavatkozás követelményeinek megfelelnek a rendelet alapján, azok kötelesek végrehajtani a felderítést. A KML esetében belső szabályzók esetében szigorított dóziskorlátok alapján is köteles végrehajtani a felderítést.⁴³

A radiológiai beavatkozások alkalmával a KML is riasztásra kerül, így felderítésben, mentésben résztvevők által elnyelt dózis személyi dozimetria eszközlel (SOR/T) könnyen mérhető. Amennyiben KSE gépjármű van csak a helyszínen (Mert a KML még nem ért ki a kárhelyszínre), abban az esetben csak dózisteljesítmény mérésére van lehetőségünk a Pager segítségével. Fontos kiemelni, hogy itt ismét csak becsülhető az effektív dózis, pontos kiszámítására és dokumentálására nincs lehetőség. A becsüléshez véleményem szerint meg kell vizsgálnunk azokat a kötelezően elvégzendő felderítési feladatokat, adatszolgáltatásokat, illetve ezeknek becsült időtartamát, hogy egy megközelítőleg pontos értéket kapjunk. A kárhelyszínen a beavatkozási állomány elsődleges célja és feladata az életmentés végrehajtása. Az életmentés 3 fő részből tevődik össze, ez a káresemény megközelítése, az életmentést igénylő személy felkutatása, majd biztonságos zónába történő kimenekítése. Az egészségügyi intézmények sajátosságaiból adódóan ezek a vizsgálatok kisméretű helyiségekben történnek, mely akadálymentesítve vannak, ami lerövidíti a felderítés időtartamát.

A helyszín megközelítése, majd a feladat végrehajtása, illetve a kimenekülés a helyi adottságoktól függően nagyjából 5 percet vesz igénybe. Innentől kezdve mentesítésre, utómérésre is szükség van, ezt az átmeneti zóna határánál szükséges végrehajtani, ami körülbelül további 5 percet vesz igénybe. Bár a dózisteljesítmény egy ilyen határnál már elenyésző, a beavatkozót ért dózisteljesítmény egy becsült 1 mikroSv/óra értékkel fogom számításba venni. Az életmentést követően a KML köteles méréseket végezni. Ez a kárhelyszín szennyezettségének vizsgálatára, illetve a sugárforrás izotópozonosító eszköz (Identifinder és vagy Verifinder) terjed ki. Mint fentebb kifejtésre került, az ilyen létesítményeknek a helyiségei nem nagyok, így az izotóp megtalálása, illetve a helyszín szennyezettségének felderítése

⁴³ 2/2022 OAH rendelet, az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről www.njt.hu (hatályos: 2024.08.30)

maximum 25 percet vesz igénybe. Az izotópazonosító műszerek 2 perc alatt képesek magas pontossági aránnyal az izotóp azonosítását elvégezni. Az IH-95 sugárszint és szennyezettség mérő műszer segítségével szükséges a sugárforrás pontos dózisteljesítményét. Ebben az esetben 1 méter távolságról történik a mérés, ami legfeljebb 2 percet vesz igénybe.

A felderítés végrehajtása és szükséges információk megléte esetén a KML a Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztályát (továbbiakban: OSSKI) és az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, veszélyes üzemek főosztályának sugárhelyzet-értékelő Készenléti Ügyeleti Szolgálatát (Továbbiakban: SHÜTI) részére a szükséges információkat átadja. Innentől a KML biztosítja a helyszínt a 8/2022 BM OKF főigazgatói intézkedés 2. melléklete alapján, ameddig az OSSKI szakemberei a sugárforrás elszállításáról nem gondoskodnak.⁴⁴

Jelen káresemény kapcsán a felderítést végző személyek effektív dózisa az alábbiak szerint alakul: a beavatkozás ideje alatt az 1 méter távolságból mért dózisteljesítmény 1 miliSv/óra, ez percekre bontva 16,7 mikroSv/perc dózisteljesítménynek felel meg. A felderítés és életmentés feltételezett folyamatát tartva a kárhely megközelítése 1 percet vett igénybe, ez 16,7 effektív dózis, az életmentés és kárhelyszínen tartózkodás 3 további perc volt az életmentés függvényébe, ez további 50 mikroSv elnyelt dózist jelent. Az átmeneti zónához történő kimenekítés további feltételezett 1 perc, ez 16,7 mikroSv effektív dózist jelent ismételten. A mentesítés az átmeneti zóna határán van, ahol a dózisteljesítmény 1 mikroSv/óra, ami 5 perces expozícióval számolva 0,1 mikroSv elnyelt effektív dózist jelent. A felderítés további részét képezi a sugárforrás és helyszín teljes felderítése, az izotóp azonosítása, majd dózisteljesítményének mérése. Erre a feltételezések szerint 25 percet számoltunk, így ez 417,5 mikroSv elnyelt dózist jelent a beavatkozó állomány számára. Az itt tett számítások csak megközelítő jellegűek, hiszen a KSE gépjárművön nincs lehetőség a személyi állomány által elnyelt dózisének mérésére, majd elemzésére és kiértékelésére. Az egyéb káreseti tevékenységre biztonsági tényezőként még relevánsnak tartok egy biztonsági rászámítást alkalmazni. Ez legyen jelen helyzetben további 10 percnyi expozíció a sugárforrás közvetlen közelében. Ezt azért tartom indokoltnak, mert akár a sugárforrás keresése közben felmerülhet, hogy a beavatkozó személy közelebb tartózkodik a sugárforráshoz, így az őt ért dózisteljesítmény exponenciálisan növekszik. A számításban így ez a szám további 166,7

⁴⁴ 8/2022 BM OKF főigazgatói intézkedés az Iparbiztonsági szakterületen speciális feladatot ellátó szerek tevékenységének szabályozásáról

mikroSv elnyelt dózist jelent. A számítások alapján a beavatkozási állományt ért teljes effektív dózis a káresemény teljes időtartamára vonatkozóan:

$2 \cdot 16,7 + 50 + 2 \cdot 16,7 + 0,1 + 417,5 + 166,7 = 701$ mikroSv effektív dózis. Ez megközelítőleg 0,7 mSv effektív dózis a teljes beavatkozás időtartamára vetítve. Ez az éves dóziskorlát 3,505%-a, ami kerekítve 3,5%. Ez a dózis 1 beavatkozás ideje alatt érte az állományt. A legnagyobb probléma ezzel kapcsolatban, hogy a KSE nem rendelkezik olyan eszközzel, ami a beavatkozás ideje alatt elnyelt dózist méri, így könnyen előfordulhat, hogy az éves dózis 3,5%-a kiesik a képletből. Ennek egészségügyi következményei legfeljebb sztochasztikus lehet. De amennyiben több és nagyobb mennyiségű dózis nem kerül bele a számításba, abban a helyzetben már az egészségügyi kockázatokon felül jogellenes is lehet, mert előfordulhat, hogy egy adott évben a személyi állomány tagja túllépi a rendeletben meghatározott dóziskorlátot, úgy, hogy erről sem ő, sem pedig a munkáltató nem szerez tudomást.

A KML és KSE állománya kötelező jelleggel vesz részt gyakorlatokon, oktatásokon, melyek ideje alatt valós sugárforrások alkalmazására kerül sor. Az ilyen jellegű eseményeken a valós sugárforrások aktivitása alacsony, illetve dózisteljesítményük sem magas. Ezt a gyakorlatok kiemelt fontosságúak, hiszen a beavatkozást végző állománynak gyakorolnia szükséges a radioaktív anyagok jelenlétében történő beavatkozásokat. A radioaktív anyagokkal kapcsolatos gyakorlatok alkalmával a személyi állománynak a műszerek által mutatott értékekre szükséges támaszkodniuk, mert az ionizáló sugárzást életveszélyes dózisteljesítmény nélkül érzékszervekkel érzékelni nem lehet. Meg kell tanulniuk azt, hogy készség szinten tudjanak támaszkodni a műszerek által mért értékekre. Az ilyen gyakorlatokon nem használnak 25 mikroSv/óra dózisteljesítményt meghaladó sugárforrásokat, hogy a személyi állományt a lehető legkevesebb dózis érje. Ettől függetlenül a számításomban ezek becsült hatását is ki fogom fejteni. A gyakorlati tapasztalatok alapján egy személy nem tölt el a sugárforrás közelében 3 óránál hosszabb időt egy több napos gyakorlat esetében sem, így számításaimhoz ezt fogom alapul venni.⁴⁵

4.5.3 Számítások összegzése

A fentebb kifejtett esetekben láhattuk, hogy a KSE és KML állománya feladatuk által ki vannak téve többlet dózisterhelésnek. Jelenleg a Katasztrófavédelemnél csak a Hivatásos Tűzoltó Parancsnokságok 1-es szere, illetve a KML rendelkezik SOR/T személyi dózismérővel.

⁴⁵ 58/2020 BM OKF főigazgatói intézkedés a hivatásos katasztrófavédelmi szerv Kiképzési Szabályzatának kiadásáról

A KSE gépjárművek viszont nem rendelkeznek olyan eszközzel, ami a dózist méri. A Pager mindössze az aktuális dózisteljesítményről tájékoztatja a felderítésben résztvevő személyt, egy 0-9-ig terjedő skálán. Ennek a műszernek a pontossága, kimagasló, de a beavatkozást végző effektív dózisének naplózására nem alkalmas.

A számításomban jelenleg átlagosan havi egy radioaktív szállítmány ellenőrzése, évi egy fentebb részletezett káresemény, illetve éves szinten 2 gyakorlatot tartalmaz. Egy radioaktív szállítmány ellenőrzése tehát 80 mikroSv effektív dózist jelent. Ez éves szinten 12 ellenőrzést alapul véve az átlag értékkel $12 \times 80 = 960$ mikroSv éves többletdózist jelent. Az elszenvedett sugárterhelés 3%- a megengedett éves többlet sugárterhelésnek.

A radioaktív anyagokkal kapcsolatos káresemények ritkán következnek be. Ettől függetlenül rendszeresen fordul elő évente 1 alkalommal. Itt is a fent említett káresemény értékeivel fogok számolni. Ez $1 \times 517,5$ mikroSv effektív dózist jelent a beavatkozási állomány részére. Ez átszámítva 0,518 mSv. Így az állomány megszerezte 3,505%-át az éves dóziskorlátnak, melyet az egyszerűbb számítás érdekében 3,5%-ra kerekíték.

A gyakorlatok kiemelt jelentőséggel bírnak, így évente több alkalommal is megrendezésre kerülnek olyan gyakorlatok, melyeken radioaktív anyag ténylegesen jelen van. Ezt a számítás tekintetében évi 3 alkalomként fogom figyelembe venni, amely egy regionális KML és egy regionális KSE gyakorlatból, illetve egy központi szervezésű gyakorlatot feltételez a tárgyévben. Ezzel gyakorlatonként megközelítőleg 75 mikroSv effektív dózisban részesülnek az iparbiztonsági szakterületen feladatokat ellátó személyek. Ez egy évben összesen $3 \times 75 = 225$ mikroSv effektív dózist tesz ki. Ez átszámítva 0,225 mSv effektív dózist tesz ki. Így a személyi állomány megkapta az éves dóziskorlát 1,625%-át, amit az egyszerűbb számítások érdekében 1,63%-ra kerekíték.⁴⁶

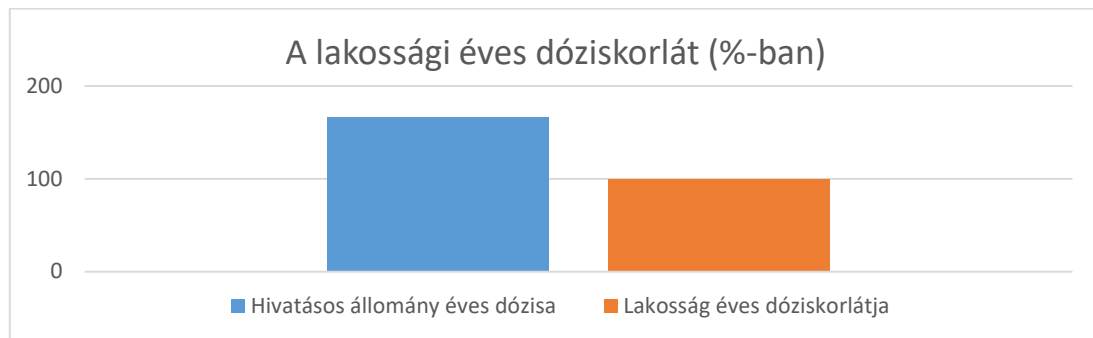
A fentebb részletezettek alapján a veszélyes áruk szállításának ellenőrzése céljából éves szinten 0,920 mSv effektív dózisnak is ki lehet téve az ellenőrzést végző személy. A radioaktív anyagokkal kapcsolatos káresemények kapcsán 0,518 mSv effektív dózissal számolunk. A gyakorlatokon elnyelt dózis pedig 0,225 mSv effektív dózist tesz ki. Az éves dózis számítása így $0,92 + 0,518 + 0,225 = 1,663$ mSv effektív dózis. Ez az éves dóziskorlát 8,3%-a. Ez az éves lakossági dóziskorlát 166,3%-a. Jelen számításban nem vizsgáltam a munkahelyen kívüli többletdózist.

⁴⁶58/2020 BM OKF főigazgatói intézkedés a hivatásos katasztrófavédelmi szerv Kiképzési Szabályzatának kiadásáról



1. ábra. Az éves dózis megoszlása

A fent látható diagram szemlélteti, hogy az iparbiztonsági feladatokat ellátó állomány nem haladja meg az előírt dóziskorlátokat abban az esetben, ha rendkívüli nukleáris baleset nem következik be. A jelenleg hatályban lévő belső szabályozók kötelezik az állományt személyi doziméter használatára beavatkozások és gyakorlatok alatt. Az ábra viszont jól szemlélteti, hogy a veszélyes áru szállítás ellenőrzésének ideje alatt magasabb dózis érheti a hivatásos állomány tagját éves viszonylatban, mint egy kisebb káresemény alatt. A személyi doziméterek VÁSZ-ban történő folyamatos használatára ezért szükség van. A megfelelő éves dózis nyomon követése szempontjából pedig névre szólóan szükséges ezeket a dozimétereket kiosztani, az eszközökben tárolt adatokat rendszeresen ki kell gyűjteni.



2. ábra. A lakosság éves dóziskorlátjának összehasonlítása az állomány dózisával.

A második ábra a lakosság éves dóziskorlátját viszonyítja a hivatásos állomány azon többletdózis-terheléséhez, melyet csak a munkahelyi körülmények között szenvednek el. Ez a továbbiakban is alátámasztja, hogy a katasztrófavédelem állománya rendszeresen ki van téve számottevő többletdózisnak.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A kutatásom során arra a megfigyelésre jutottam, hogy a jelenleg rendszeresített eszközök nem képesek a maximális színvonalon kielégíteni a személyi dozimetria követelményeit, A legnagyobb problémát ennek tekintetében az állomány eszközellátottsága okozza. A jelenleg használatban lévő doziméterek nem nyújtanak elegendő adatot az ionizáló sugárzásnak kitett dolgozók elnyelt dózisáról, hiszen a viselésük nem folyamatos. Az állomány jelenlegi ellátottsága elégtelen ahhoz, hogy hatékonyan és pontosan nyilván lehessen tartani az iparbiztonsági szakterületen szolgálatot teljesítők által elnyelt dózisokat, ami jelentős kockázatokat hordoz mind egészségügyi, illetve munkajogi szempontból.

Az állomány a fentebb részletezettek alapján a veszélyes áruk szállításának ellenőrzése céljából éves szinten nagyjából 0,920 mSv effektív dózisnak is ki lehet téve, ami a munkahelyi körülmények között elszenvedett dózisának több mint 50%-át teszi ki. A radioaktív anyagokkal kapcsolatos káresemények kapcsán 0,518 mSv effektív dózist szenved el egy személy. A gyakorlatokon elnyelt dózis pedig 0,225 mSv effektív dózist tesz ki az általam végzett kalkulációk alapján.

A SOR/T személyi dózismérő egy elfogadható doziméter, és - az alsó mérési tartományban tapasztalt pontatlanság ellenére is – képes használható információkat szolgáltatni a viselő személy által elnyelt dózisiról. Ezért javaslom, hogy a katasztrófavédelem bővítse az eszközparkját és szerezzen be SOR/T személyi dozimétereket minden olyan személy számára, akik az iparbiztonsági szakterületen sugárforrásokkal, illetve ionizáló sugárzással találkoznak. Ezen felül bővítse ki az eljárásrendet, hogy a SOR/T-vel rendelkező állomány minden esetben kötelezve legyen a doziméter viselésére.

Javaslatom továbbá, hogy a jelenlegi rendszerben lévő SOR/T doziméterek ne a KML gépjárművön vagy a szereken betöltött beosztáshoz legyenek hozzárendelve, hanem személyre szólóan kerüljenek kiosztásra, minden olyan személyhez, aki radioaktív anyagokkal találkozik gyakorlatok, illetve VÁSZ hatósági ellenőrzése alatt. Ezzel biztosítható, hogy minden radioaktív sugárzással kapcsolatos feladatot ellátó személy számára folyamatos és egyénre szabott elnyelt dózis mérése történjen, ami a későbbiekben a munkahelyi sugárvédelem hatékonyságát is növeli. Magyarországon létezik központi nyilvántartás a sugárveszélyes tevékenységben töltöttek elnyelt dózisáról. Ez kiegészíthető lehetne akár a katasztrófavédelem ionizáló sugárzásnak kitett munkavállalóival is.

Fontosnak tartom megemlíteni, hogy minden vármegye KML állománya részére már kiosztásra került a SOR/T kiolvasásához szükséges eszköz, így lehetőség nyílik egy éves nyilvántartás létrehozására és vezetésére. Ebben a nyilvántartásban az állomány sugárterhelésének mértéke rögzíthető lenne az adott tárgyévben, amely nem csak az egyéni sugárterhelés monitorozását teszi lehetővé, de munkavédelmi és munkajogi szempontból is fontos információkat szolgáltat.

Ez az átláthatóság és pontosság segítené a katasztrófavédelem munkáját abban, hogy megelőzze a radioaktív sugárzás determinisztikus hatásainak kialakulását az állomány körében. A rendszeres mérések, valamint az éves nyilvántartások révén pontosan meghatározható lenne minden dolgozó által elszenvedett effektív dózis a szolgálati idő alatt, ezáltal lehetőség nyílik a megfelelő prevenciós lépések megtételére, és biztosítható a dolgozók egészségének védelme hosszú távon is.

A sugárvédelem nem csupán technikai kérdés, hanem az állomány széleskörű és mélyreható radiológiai ismereteire is épít. Elengedhetetlen, hogy a sugárvédelmi gyakorlatok és képzések rendszeressége és hatékonysága továbbra is központi szerepet kapjon. Ennek érdekében javaslom, hogy ne csupán az OKF központi szervezésében, hanem a vármegyék saját hatáskörében is rendszeresen szervezzenek továbbképzéseket, így a radiológiai képzések és gyakorlatok száma az iparbiztonsági szakterületen dolgozók részére gyakoribb legyen. Ezen felül javaslom az 58/2020 BM OKF főigazgatói intézkedés kiegészítését annak érdekében, hogy a sugárvédelemmel kapcsolatos gyakorlatok gyakorisága növekedjen, így biztosítva a felkészültség folyamatos fejlesztését és az elméleti tudás gyakorlati alkalmazhatóságát.⁴⁷

Az 58/2020 BM OKF főigazgatói intézkedés alapján minden évben szükséges regionális gyakorlatokat szervezni a KSE-k részére, aminek köszönhetően évente egy alkalommal sor kerül a közös elméleti és gyakorlati tapasztalatok megosztására. Javaslom, hogy az intézkedés a KML-ek számára is írjon elő legalább félévente egy, a radiológiai felderítéssel és sugárvédelemmel foglalkozó elméleti vagy gyakorlati továbbképzést. Célkitűzésem, hogy a magas színvonalú dozimetria, a megfelelő sugárvédelmi gyakorlatokon való részvétel garantálja a katasztrófavédelem nukleárisbaleset-elhárítási feladatában rejlő összes potenciál kiaknázását.

⁴⁷ 58/2020 BM OKF főigazgatói intézkedés a hivatásos katasztrófavédelmi szerv Kiképzési Szabályzatának kiadásáról

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A szakdolgozatom elején áttekintésre került a radioaktivitás felfedezésének története, illetve a múltban bekövetkezett radioaktív balesetek, melyek tökéletes módon szemléltetik azt a tényt, hogy az atomenergia, radiológia, illetve a hozzá kapcsolódó egyes feladatok mekkora méretű veszélyt rejtenek magukban. A dolgozatom elkészítése közben áttekintettem az aktuális nemzetközi – hazai jogszabályokat. Kiemelésre került a katasztrófavédelem erre vonatkozó belső intézkedéseinek és eszközrendszerének áttekintése, kiemelt tekintettel a KML és KSE sugárázmérő felszereléseire. A kutatásom tárgyát képezte, hogy a katasztrófavédelemnél szolgálatot teljesítő, iparbiztonsági szakterületen dolgozó állomány milyen esetekben kerülhet munkahelyi feladatai teljesítése közben az ionizáló sugárzásnak kitett helyzetekbe.

A vizsgálatok azt támasztották alá, hogy az aktuális helyzetben az állomány csak a szükséges mértékben van kitéve az ionizáló sugárzásnak. A személyi állomány által elnyelt dózis a 2/2022 OAH rendeletben meghatározottak alatt van, így a nemzetközi – hazai jogi szabályozás teljes mértékben megfelel, az általa meghatározott küszöbdózisok elegendőek. A rendeletben szereplő elnyelt dózis maximum határát legfeljebb egy radioaktív anyagokkal kapcsolatos kiterjedt káresemény kapcsán éri el.

Az állomány így kizárólag sztochasztikus hatásnak van kitéve, mellyel az egészségügyi kockázat nem magas. Az ionizáló sugárzásnak kitett állapot káreseteknél dokumentálásra kerülnek személyi doziméterek segítségével, viszont a veszélyes áru szállításban a 7-es áruosztály ellenőrzése közben felmerülő többletdózis megfelelő dokumentálására megfelelő figyelmet kell szánni. A számításaim alapján a releváns többletdózis a VÁSZ ellenőrzések folyamán éri a személyi állományt. A kisebb volumenű radioaktív anyagokkal kapcsolatos káreseti tevékenység pedig kevesebb elnyelt dózist okoz, mint a VÁSZ ellenőrzés. A legkevesebb effektív dózis a gyakorlatokból származik. A jelenleg rendszerben lévő eszközpark bővítése, esetlegesen a személyre szóló doziméterek kiosztását javaslom.

Irodalomjegyzék

1. 8/2022 BM OKF főigazgatói intézkedés az Iparbiztonsági szakterületen speciális feladatot ellátó szerek tevékenységének szabályozásáról
2. Sekiya, M., Yamasaki, M. Antoine Henri Becquerel (1852–1908): a scientist who endeavored to discover natural radioactivity. *Radiol Phys Technol* **8**, 1–3 (2015). <https://doi.org/10.1007/s12194-014-0292-z> (letöltve:2024.09.05)
3. Dr.Jarosievitz Beáta & Dr.Sükösd Csaba – radioaktivitás felfedezése
4. United States Army corp of engineers - The Atomic Bombings of Hiroshima and Nagasaki [The Atomic Bombings of Hiroshima and Nagasaki - Google Books](#) (letöltve:2024.09.05)
5. VISE - CHERNOBYL; CHRONOLOGY OF A DISASTER (letöltve.2024.09.05)
6. gsr - Sisters discuss Haiti's progress, stagnation 10 years after severe earthquake [Sisters discuss Haiti's progress, stagnation 10 years after severe earthquake | Global Sisters Report](#) (Letöltve: 2024. 09.05)
7. Socrad - A biológiai sugárhatás elméleteiről - A determinisztikus és a stochasztikus sugárhatás elmélete [A biológiai sugárhatás elméleteiről - A determinisztikus és a stochasztikus sugárhatás elmélete \(socrad.hu\)](#) (letöltve 2024.09.05)
8. ICRP
9. IAEA General Safety Requirements Part 3 (GSR Part 3) – BSS
10. IAEA hivatalosan közzétett listája alapján (letöltve:2024.09.05)
11. 2013/59/Euratom irányelv (letöltve 2024.08.25)
12. 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról (letöltve.2024.09.05) www.njt.hu
13. 2/2022 OAH rendelet, az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről www.njt.hu (hatályos: 2024.08.30)
14. Sugárvédelem.hu - II. évf. 1. szám (2009) 19-24 (letöltve:2024.09.05)
15. Gamma Műszaki Zrt. – Teljes gamma anyag (kiadva: 2015)
16. NUCLEAR SMUGGLING DETECTION AND DETERRENCE – Útmutató berendezések működési eljárásához (kiadva: 2018)
17. 2015 évi XLII törvény a hivatásos szolgálati jogviszonyról (letöltve: 2024.09.05) www.njt.hu
18. 284/2023 (VI.30) kormányrendelet a Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló Megállapodás „A” és „B” Melléklete kihirdetéséről, valamint a belföldi alkalmazásának egyes kérdéseiről; ADR 2.2.7 (letöltve: 2024.09.05) www.njt.hu

19. 58/2020 BM OKF főigazgatói intézkedés a hivatásos katasztrófavédelmi szerv Kiképzési Szabályzatának kiadásáról
20. Iparbiztonságtan I.
21. Iparbiztonságtan II.
22. Dobor József - Iparbiztonság fizikai és kémiai alapjai
<http://hdl.handle.net/20.500.12944/8589>
23. ENSZ EGB Ipari Baleseti Egyezmény honlapja (letöltve: 2024.09.05)
<https://unece.org/environment-policy/industrial-accidents>
24. 283/2023. (VI. 30.) Korm. rendelet a Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény (COTIF) módosításáról Vilniusban elfogadott, 1999. június 3-án kelt Jegyzőkönyv C Függeléke Mellékletének kihirdetéséről, valamint a belföldi alkalmazásának egyes kérdéseiről www.njt.hu
25. OSSKI – Dizimetriai mérés (letöltve: 2024.09.05)
http://www.osski.hu/tanfolyamok/2016/bk10/3_SA_Dozimetria_meres.pdf
26. Dr Pátzay György - Radiokémia és nukleáris technológia 2017-II
27. Petrányi János, Sarkadi András, Hrabovszky Pál t. ezredes – Sugárfelderítés
Katasztrófavédelmi Mobil Labor Alkalmazásokban letöltve: (2024.09.05)
http://www.sugarvedelem.hu/sugarvedelem/docs/kulonsz/2014sv/eloadasok/SUGARELDERITES_KATASZTROFAVEDELMI_MOBIL_LABOR_ALKALMAZASOKBAN_2014_v1.pdf