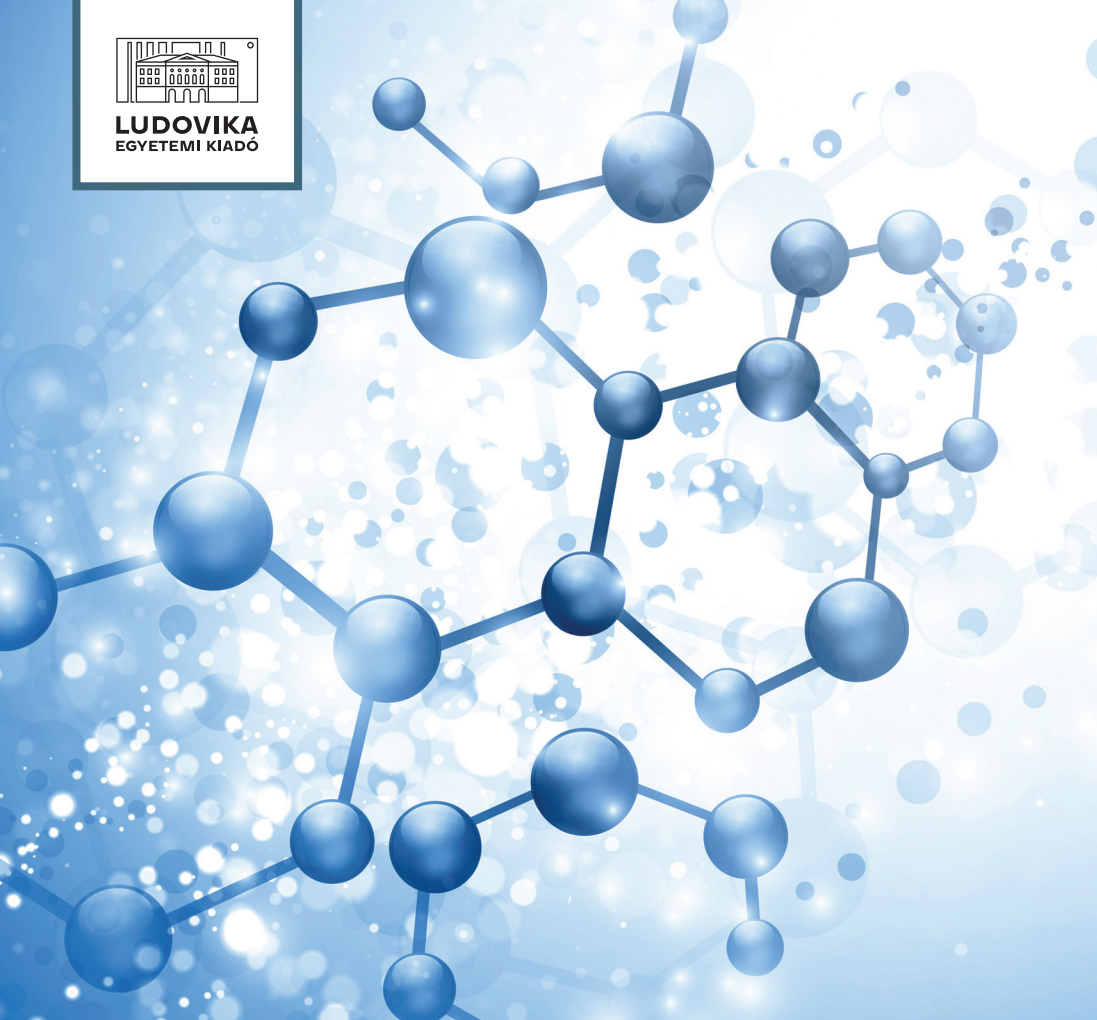




LUDOVIKA
EGYETEMI KIADÓ



Berek Tamás

A tömegpusztító fegyverektől a CBRN-eszközökig

Fenyegetések, kihívások, válaszok

Berek Tamás

A tömegpusztító fegyverektől a CBRN-eszközökig – fenyegetések,
kihívások, válaszok

Berek Tamás

A tömegpusztító fegyverektől a CBRN-eszközökig

Fenyegetések, kihívások, válaszok



LUDOVIKA
EGYETEMI KIADÓ

Budapest, 2022

A mű a TKP2020-NKA-09 számú projekt keretében, a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a Tématerületi Kiválósági Program 2020 pályázati program finanszírozásában valósult meg.



Szerző
Berek Tamás

Szakmai lektor
Földi László

Kiadja a Nemzeti Közszerkesztési Egyetem
Ludovika Egyetemi Kiadó
A kiadásért felel: Deli Gergely rektor

Székhely: 1083 Budapest, Ludovika tér 2.
Kapcsolat: kiadvanyok@uni-nke.hu

Felelős szerkesztő: Sztáryné Benkő Krisztina
Olvasószerkesztő: György László
Korrekter: Kutas Éva
Tördelőszerkesztő: Stubnya Tibor

DOI: https://doi.org/10.36250/01064_00

ISBN 978-963-531-836-0 (elektronikus PDF) | ISBN 978-963-531-837-7 (ePub)

© A szerző, 2022

© A kiadó, 2022

Minden jog védve.

Tartalom

Bevezetés	7
1. Tömegpusztító fegyverek és globális biztonságot érintő CBRN-fenyegetések	11
1.1. A katonai műveletek CBRN-környezete	12
1.1.1. Nukleáris környezet	13
1.1.2. Biológiai környezet	19
1.1.3. Vegyi környezet	23
1.2. A nukleáris fegyverek szerepe az elrettentésben	26
1.2.1. Nukleáris elrettentés ma	28
1.2.2. Az atomhatalmak nukleáris politikájának várható változása	30
1.2.3. Kína nukleáris politikájának változása	31
1.2.4. A NATO nukleáris elrettentési koncepciója	33
1.2.5. Az Egyesült Királyság önálló elrettentési politikája	35
1.2.6. Oroszország és az USA fegyverkezési verseny	36
1.3. Tömegpusztító fegyverek	38
1.3.1. Nukleáris fegyverek	38
1.3.1.1. Magreakciók	39
1.3.1.2. Egyfázisú atomlőszer	42
1.3.1.3. A nukleáris robbanás	44
1.3.1.4. Az atomfegyver robbantási módjai	52
1.3.1.5. Egyéb radiológiai veszélyek a műveleti területeken	55
1.3.2. Vegyi fegyverek	73
1.3.2.1. Mérgező harcanyagok csoportosítása	75
1.3.2.2. Alkalmazási eszközök	89
1.3.3. Biológiai fegyverek	90
1.3.3.1. A biológiai fegyver töltetei	91
1.3.3.2. Az alkalmazás eszközei	95
2. A CBRN-eszközök elleni védelem és válaszlépések	97
2.1. A megelőző védelem mint a fenyegetésre adott válaszlépés	100
2.2. Az ABV-védelem válaszlépései a CBRN-anyagok felderítése területén	106
2.2.1. Kimutatás, azonosítás, monitorozás	106
2.2.2. Az ABV-felderítés célja, alapelvei	108
2.2.3. Speciális képességű kikülönített ABV-felderítő szervezetek alkalmazása művelettámogató elemként	110
2.3. Az ABV-fenyegetettség értékelése a hadszíntér felderítő értékelésének (HFE) rendszerében	113

2.4. Az ABV- (CBRN-) analitikai laboratórium szerepe az ABV-felderítés rendszerében	116
2.5. Zászlóaljharccsoport ABV-támogató modulszakasz mint művelettámogató vegyivédelmi képesség alkalmazása	121
2.6. ABV-felderítés a fenyegetettségértékelés rendszerében	123
2.7. A vegyi felderítés technikai pillére, hordozható vegyi detektorok új generációja	124
2.7.1. IMS-technológia az ABV-felderítésben, az azonos elven működő készülékek problémája	129
2.7.2. Azonos elven működő készülékek problémája	133
2.7.3. A lángfotometriás eljárason alapuló eszközök új hordozható tagja, az AP4C	134
2.7.4. CAM-vegyifelderítő készülék	135
2.7.5. A CAM és az AP4C együttes alkalmazásának korlátai	137
2.7.6. A kis tömegű IMS-technológiájú készülék mint a CAM lehetséges alternatívája	138
3. Az ABV-felderítő alegységek műveleti és környezeti kihívásai	147
3.1. Napjaink CBRN-kihívásai, a CBRN-eszközök	147
3.2. ABV- (CBRN-) tüzserészecssoport (CBRN EOD) mint válaszlépés	151
3.3. A jövő környezeti kihívása, az éghajlatváltozás	154
3.4. A terep és az időjárás hatása a mérgező harcanyagokra és a terjedésre	157
3.5. A terep és az időjárás hatása az ABV-felderítő alegységek tevékenységére	162
3.6. A Detektálási technika környezetfüggése	164
3.7. Az időjárás-figyelés korlátai	165
3.8. Az időjárási hatások mozgást befolyásoló hatása	166
3.9. Az időjárás hatása a személyi állományra	168
3.9.1. Szigetelő típusú védőruhák	169
3.9.2. 96 M védőruha	170
3.9.3. 93 M védőruha	171
3.10. A hatékony ABV-védelmet biztosító ABV-jártasság szintjei	175
3.10.1. A parancsnok elvárható ABV-jártassága	175
3.10.2. Az ABV-jártasság sarkalatos pontjai	178
Összefoglaló	187
Felhasznált irodalom	189

Bevezetés

A hidegháború végével a globális nukleáris háborús fenyegetettség csökkent, de a biztonság továbbra is instabil maradt. A nukleáris fegyverek szerepe kezdetben úgy tűnt, háttérbe szorul, de a kép mostanra megváltozott. A helyi konfliktusok és a nem állami fegyveres erők, terroristák, szélsőséges csoportok által bevethető aszimmetrikus eszközök száma növekszik. A fegyverzet-ellenőrzés területén tett erőfeszítések ellenére egyértelmű bizonyítékok vannak arra, hogy továbbra is folytatódik az atom-, biológiai és vegyi fegyverek (ABV-fegyverek) és a célba juttató rendszereik elterjedése, valamint fejlesztése. Ugyanakkor az urbanizáció, a nukleáris, biológiai és vegyipar, valamint termékeik globális eloszlása növeli a veszélyes ipari anyagok környezetbe kerülésének lehetőségét, amelyet eredményezhet természeti katasztrófa, szándékos tevékenység vagy a katonai műveletek során okozott járulékos kár.

A biztonságpolitikai szakértők a korábbi ABV-fegyverkezési hullám hozományaiként napjainkra új típusú veszélyforrásként jelölték meg az ABV-fegyverek gyártásához szükséges anyagok, eszközök, szellemi termékek proliferációjából fakadó fenyegetést. Az ellenőrzés alól kikerült és kisebb felfegyverzett csoportok tárházát bővítő ABV-eszközök szerepet kaphatnak kisebb helyi háborúkban. Az Európai Unió támogatást nyújt a közösségen kívüli országoknak a vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris fegyverekkel (CBRN-fegyverek) kapcsolatos képzési és segítségnyújtási intézkedések terén. Ezek az erőfeszítések elsősorban a Szovjetunió utódállamaira összpontosultak, de a hivatalos állásfoglalások szerint 2011-től a támogatás a korábbiak mellett – mindenekelőtt a nukleáris és a biológiai fegyverek vonatkozásában – új, aggodalomra okot adó régiókra is kiterjed, köztük Délkelet-Ázsiára, a Közel-Keletre és Afrika egyes részeire. 2008 februárja és 2009 januárja között – a CBRN-fegyverekkel kapcsolatos védelmi stratégia kialakításának érdekében – egy CBRN-munkacsoport uniós szinten foglalkozott azon konkrét lépések meghatározásával, amelyek az ilyen fegyverekkel kapcsolatos védelem növeléséhez szükségesek Európában.¹

Ezzel párhuzamosan napjainkra új veszélyforrásként jelent meg a nemzetközi terrorizmus, illetve a jelenséggel összefonódó CBRN-terrorizmus, valamint

¹ Európai Bizottság: *A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek és a Tanácsnak a vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris biztonság Európai Unión belüli megerősítéséről – az EU CBRN cselekvési terve*. SEC(2009)790 (2009. június 24.).

az aszimmetrikus hadviselés. Az ABV-fegyverekkel rendelkező országok száma a II. világháború óta bővült, és a jövőben tovább bővíülhet. Az ABV-fegyverek előállításához szükséges alapanyagok – a tömegpusztító fegyverre áhító küszöbországok tevékenységének is köszönhetően –, valamint a sugárzó hasadóanyagok eljuthatnak a válságövezetek országaiba is, ahol egy esetlegesen kirobbanó fegyveres konfliktus során alkalmazhatják őket nemcsak a reguláris hadseregek, hanem az alkalmilag verbuválódott felfegyverkezett csoportok is.

Az utóbbi időkben nyilvánvalóvá vált az, hogy igen jelentős ABV-veszélyforrás lett a terrorizmus, különösen a nemzetközi terrorizmus. A terrorista szervezetek fegyvertára és szakmai ismerete egyre bővül. Sugárzó, mérgező, fertőző anyagok alkalmazásával szélsőséges nézeteket valló vallási szekták, nacionalista terrorszervezetek, egyéni merénylők fenyegethetnek. A veszélyes anyagok célba juttatására alkalmas eszközök már nemcsak a reguláris hadseregek fegyverei között találhatók meg, hanem háborús helyzetén kívül, szélsőséges csoportok is alkalmazhatják azokat, akár egy országon belül is (lásd például a szarinnal okozott merényletet a tokiói metróban 1996-ban, amely 10 halálos áldozattal és 4000-nél is több személyi sérüléssel járt). Az elmúlt néhány év vegyi fegyverekkel végrehajtott támadásai azonban egy új alkalmazási irányt is felvetnek. Az Észak-atlanti Tanács 2018-as brüsszeli dekrétumában felhívja a figyelmet arra, hogy a vegyi fegyverek alkalmazása Szíriában, valamint azok Irakban, Malajziában és az Egyesült Királyság területén történő felhasználása a szövetséget érintő egyre növekvő CBRN-fenyegetést jelent. Az igazságügyi vizsgálatokat követően kétségtelenül bebizonyosodott, hogy az utóbbi helyszíneken „V_x” és „Novicsok” mérgező harcanyagok alkalmazására került sor, ami állami szereplők aktív közreműködését sejteti az akciók hátterében. Az Észak-atlanti Szerződés Szervezete (*North Atlantic Treaty Organisation*, NATO, röviden: Szövetség) 2016-ban kiadott, átfogó non-proliferációs nyilatkozatában kifejti, hogy a biotechnológia és a géntechnológia rohamos fejlődése tovább növeli a bioterrorizmus veszélyét, és vannak arra utaló jelek, hogy a terrorista szervezetek célja vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris anyagok megszerzése és alkalmazása bűnös céllal.²

A Szövetség célul tűzte ki a CBRN védelmi csapatok átalakítását megfelelő méretű, multifunkcionálisabb, mobilizálhatóbb, gyorsabban bevethető egységekké, amelyek így képesek a feladatorientált működésre. A Szövetség arra

² Fei Su – Anthony Ian: *Reassessing CBRN Threats in a Changing Global Environment*. Stockholm, SIPRI, 2019.

törekszik, hogy a nemzeti erőforrások felhasználásával fokozza a CBRN-védelem szempontjából kritikus képességeket, például a biológiai detektálást és a járványfigyelő rendszer fejlesztését. A fegyveres erők felkészítése során továbbra is számításba kell venni tehát a fegyveres küzdelem egyik lehetséges színtereként az ABV-környezetet. A katonákat úgy kell felkészíteni, hogy tovább tudjanak harcolni ABV-körülmények között is. Hazánk ellen a tömegpusztító fegyverekkel történő támadás lehetősége minimális. Mi ilyen fegyvereket nem tárolunk, és nem kívánunk semmilyen körülmények között alkalmazni. A védekezés módjainak elsajátítását azonban biztonságpolitikánk megköveteli.

Vákát

1. Tömegpusztító fegyverek és globális biztonságot érintő CBRN-fenyegetések

A tömegpusztító fegyverek hatásukat és jellegüket tekintve nagyságrenddel nagyobb pusztító hatást fejtenek ki a csapatokra, a haditechnikai eszközökre, az élőerőre, a terepre és ezen keresztül a katonai műveletekre, mint a hagyományos fegyverek. A vegyi fegyverek I. világháborús tömeges alkalmazása hívta életre ezt a fogalmat, és jelenleg a vegyi fegyverek mellett a biológiai és a nukleáris fegyvereket soroljuk ide. A tudomány és a technika fejlődésével azonban nem zárható ki, hogy új fegyverrendszerekkel bővíthet a kategória. Amikor kifejezetten csak az atom-, a biológiai és vegyi fegyvereket tárgyaljuk, akkor általánosan az ABV-fegyverek kifejezést alkalmazzuk, követve az angolszász területen az 1980-as években elterjedt NBC (*Nuclear, Biological, Chemical*) mozaikszó betűinek sorrendjét. Ez a sorrend gyakorlatilag kifejezte a kategória egyes tagjai által jelentett aktuális fenyegetést. A hidegháború időszakában a nukleáris fegyverkezés intenzitása csúcsponton volt, a biológiai ágensek művelési területen történő korai felderítése szinte megoldatlan volt, és a biológiai fegyverek elleni védelem is nehézkes volt. A vegyi fegyverek két világháború közötti ugrásszerű fejlődésével járó fenyegetettséget azonban ellensúlyozta az, hogy a II. világháborút követően a robbanásszerű fejlődést produkáló szerves vegyipar szintetikus termékeinek köszönhetően az akkori tömeghadseregeket is bőségesen el tudták látni megfelelő védőképességet biztosító, a mérgező harcanyagokkal szemben ellenálló egyéni vegyivédelmi védőruhával és gázálarcral. A szinte azonos ütemben fejlődő elektronika, illetve a műszertechnika pedig lehetővé tette a terepen is alkalmazható, fizikai kimutatási elven működő, a legveszélyesebb mérgező harcanyagok azonnali kimutatására is képes vegyi felderítő berendezések rendszeresítését az 1990-es évek elejére. A hidegháború végével és a kölcsönös leszerelési egyezmények életbe léptetésével a nukleáris fegyverek jelentette fenyegetés csökkenni látszott, ugyanakkor a tömegpusztító fegyverek proliferációja nem állt meg. Az 1996-ban Tokióban szarinnal elkövetett terrortámadás pedig megmutatta azt, hogy a vegyi fegyverek nem kizárólagosan államok és azok hadseregeinek tárházában lehetnek jelen. Aggodalmak fogalmazódtak meg a nem fegyverfokozatú, polgári célra szánt radioaktív anyagok hasonló felhasználását illetően, amit alátámasztani látszott az azokhoz való fizikai hozzáférés lehetőségének hiedelme. A 2000-es évekre a fogalom átalakult. A CBRN (*Chemical, Biological, Radiological, Nuclear*) kifejezésben

felcserélődött a fegyverek sorrendje, illetve kiegészült a radiológiai fegyverekkel, a gyakran alkalmazott CBRN(E) (*Explosive*) rövidítés pedig a radiológiai, biológiai, illetve a vegyi robbanószerkezetekre utalt. Ezek nem tömegpusztító fegyverek, így az új fogalom tartalmában kissé már eltér a tömegpusztító fegyver fogalmától. Jelenleg a szakmai állásfoglalás szerint a hazai területen használt ABV-kifejezés ebben a formában is lefedi a CBRN-mozaikszó tartalmát, így mindkettő használatos. Az atom-, biológiai és vegyi fegyverek elleni védelem (ABV-védelem) feladatrendszerében minden katonának és alegységnek van feladata, de a speciális vegyivédelmi alegységeknek kifejezetten ez a dolguk, továbbá a csapatok támogatása az ABV-védelemben.

1.1. A katonai műveletek CBRN-környezete

A NATO politikai és diplomáciai tevékenységbe kezdett annak érdekében, hogy megakadályozza az ABV-fegyverek elterjedését. A szerződéseken túl diplomáciai és politikai nyomás is szükséges a támadó ABV-programok fejlesztésének megakadályozásához. A szerződés betartását fegyverzet-ellenőrzési felülvizsgálat biztosítja, amely embargót vonhat maga után.

A NATO 2022-ben közzétett irányelvében kinyilatkoztatja, hogy a CBRN-anyagok vagy tömegpusztító fegyverek állami és nem állami szereplők általi esetleges felhasználása továbbra is folyamatos fenyegetést jelent a szövetségesek biztonságára. Megfogalmazódik az az iránti aggodalom is, hogy Oroszország vegyi vagy biológiai fegyverek bevetését tervezheti a jövőben.³

A NATO hadműveleteit tehát a saját erők ellen irányuló ABV-fegyverek lehetséges alkalmazásának tudatában kell tervezni és vezetni. A konfliktusok széles skáláján keresztül fennáll a kockázata annak, hogy a rombolódott ipari üzemekből és nukleáris létesítményekből az egészségre ártalmas anyagok szabadulnak ki. Következésképpen a NATO-erőknek nemcsak a hagyományos támadásokkal szembeni védelemre kell képesnek lenniük, de a hadműveletek huzamosabb időn át fennálló ABV-környezetben történő vezetésében is jártasnak kell lenniük. Az előzőekben említett körülményeket az ABV-fegyverek alkalmazása és nem a csapásból eredő események együttesen eredményezhetik.

³ NATO: *NATO's Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Defence Policy*. 2022. június 14.

A 94/1998. számú országgyűlési határozat a Magyar Köztársaság fenyegetettségét tekintve – több másik határozat mellett – említi a terrorizmust, a Magyar Köztársaság nemzeti biztonsági stratégiájáról szóló 1163/2020. (IV. 21.) kormányhatározat pedig a fenyegetettséget kiterjeszti egyebek mellett az instabil zónák kialakulására, a tömegpusztító fegyverek és hordozóeszközök elterjedésére, a nemzetközi terrorizmusra és a szélsőséges mozgalmakra, a nemzetközi szervezett bűnözésre és kábítószer-kereskedelemre, illetve az atomerőművek biztonságának szavatolására is.

1.1.1. Nukleáris környezet

Az Egyesült Államokban már az 1930-as évek vége felé megindultak a nukleáris energiával kapcsolatos kísérletek. 1942. december 2-án Chicagóban beüzemelték az első atomreaktort. A polgári célú kísérleteket követően gyorsan megindult a katonai alkalmazás kimunkálása is.

1945. július 16-án végrehajtották az első atomrobbantást Los Alamosban. Az éles bevetés sem váratott sokáig, augusztus 6-án Hirosimát, augusztus 9-én Nagaszakit érte atomtámadás. 1951-ben felrobbantották az első, még nem kiforrott, de működőképes amerikai kétfázisú nukleáris szerkezetet, 1952 novemberében a már bevethető kétfázisú atomfegyvert, 1954-ben pedig az első háromfázisú atomfegyvert.

Az első szovjet atombombát 1949. augusztus 29-én robbantották fel. Az atomfegyver előállítására irányuló erőfeszítések más országokban is eredményesek voltak, 1952-ben Nagy-Britannia, 1960-ban Franciaország, 1964-ben a Kínai Népköztársaság is belépett az új tömegpusztító fegyvert birtokló hatalmak sorába. India 1974-ben hajtott végre először nukleáris kísérletet, Pakisztán 1998-ban. 2006-ban pedig Észak-Korea is bejelentette, hogy rendelkezik atomfegyverrel, és kísérleti robbantást is végrehajtott.

Jelenleg Oroszország 1588, USA 1744, Franciaország 280, Nagy-Britannia 120 telepített stratégiai nukleáris robbanófejet tart rendszerben haderőik műveleti csapatai bázisán. Kína 350, India 160, Pakisztán 165, Izrael pedig 90 bevetésre előkészített harci fejet tart rendszerben.⁴

⁴ Stockholm International Peace Research Institute: *Armaments, Disarmament and International Security*. Stockholm, SIPRI, 2022.

A START-szerződések (Stratégiai Fegyvereket Korlátozó Egyezmény – *Strategic Arms Reduction Treaty*) sorában a legutóbbi, a 2010 áprilisában aláírt „START-III”-nak titulált egyezmény keretében Oroszország és az Egyesült Államok megállapodtak abban, hogy 2017-re mindkét ország 1550-ra csökkenti hadászati robbanófejeinek számát, a hordozóeszközök számát pedig 800-ban maximálták. A vállalások tehát nem teljesültek.

Az orosz nukleáris erők fejlesztése továbbra is zajlik, az orosz nyilatkozatokban továbbra is kifejeződik a nukleáris fegyverrendszer szerepének fontossága, ugyanakkor a NATO is nagy jelentőséget tulajdonít a nukleáris erőknél.

Oroszország továbbra is fenntartja magának a jogot – éppen úgy, mint az USA – nukleáris fegyver alkalmazására az ellene és szövetségesei ellen irányuló atom- és más tömegpusztító fegyver használata esetén, illetve – saját vagy szövetségesei nemzeti biztonsága szempontjából, kritikus helyzetekben – hagyományos fegyverekkel történő jelentős agresszióra válaszként. Az orosz nukleáris erők katonai funkciója és szerepe napjainkban is jelentős. A hadászati nukleáris erő tehát a jövőben is meghatározó marad.

A leszerelési folyamatok megrekedtek, az USA és Oroszország közötti kommunikáció fenyegető hangvételre váltott. A hadászati támadó kapacitásukat csökkentették ugyan az atomnagyhatalmak, ugyanakkor minden nukleáris arzenállal rendelkező állam modernizálja a megmaradt készleteket. Mindkét állam elnöke bejelentette a nukleáris fegyverrendszereik fejlesztését, és 2019-ben megkezdődött a korábban már leszerelt taktikai atomfegyverek gyártása is az USA-ban, a texasi Pantex fegyvergyárban, amivel a nukleáris fegyverek alkalmazási küszöbe alacsonyabb szintre kerül.

Jelenleg nagyobb figyelmet fordítanak a nukleáris fegyverekre és a nukleáris stratégiai kérdésekre, mint egy-másfél évtizeddel ezelőtt. Az amerikai nukleáris tengeralattjárókon rendszeresített Trident ballisztikus rakéták új, W76-2 elnevezésű modernizált harci fejet kapnak.

A nukleáris fegyverek fejlesztésének egyik iránya, a mesterséges intelligencia alkalmazása a nukleáris vezetési és irányítási rendszerekben már kilépett a kísérleti fázisból, néhány prototípus pedig sikeresen megvalósult, ami további biztonsági kérdéseket vet fel. Ennek egyik példája az orosz haditengerészeti erők „Poseidon” nevű, pilóta nélküli, víz alatti, interkontinentális hatótávolságú, nukleáris meghajtású platformja (Status-6), amely az első teszteléseken már túl van. Az egyik alkalmazási területe egy olyan nukleáris stratégiai célba juttató rendszer lesz, amely szélesíti Oroszország nukleáris csapásmérő képességét. Kínához hasonlóan Oroszország is jelentős erőforrásokat biztosít pilóta nélküli

víz alatti járművek (*Unmanned Underwater Vehicle*, UUV) fejlesztéséhez, ideértve az MI-kutatásokat.

A nukleáris leszerelési folyamat lényegesebb fázisaiban mindezekkel párhuzamosan felerősödnek a tömegpusztító fegyverek proliferációjával és a nukleáris terrorizmus térnyerésével kapcsolatos aggodalmak.

A nukleáris fegyverek elterjedésével járó biztonsági kihívások kezelésének alapját a nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló, 1970. március 5-én hatályba lépett „atomsorompó-szerződés”⁵ képezi. A szerződés betartásának ellenőrzésében kiemelt feladata van a Nemzetközi Atomenergia-ügynökségnek (NAÜ).

A tömegpusztító fegyverek elterjedésének megakadályozása szellemében az EU támogatja a NAÜ nukleáris biztonság és ellenőrzés keretében folytatott tevékenységeit, többek között a nukleáris és radioaktív anyagok tiltott kereskedelme felderítésének és az arra való reagálás megerősítésének érdekében. Az Európai Községek Bizottsága 1999. november 16-án határozatot hozott az Európai Atomenergia Közösségnek (Euratom) a nukleáris biztonságról szóló 1994. évi egyezményhez történő csatlakozásáról.

A NAÜ kormányzótanácsa 2002 márciusában jóváhagyott egy, a nukleáris terrorizmus elleni védelemre irányuló tevékenységtervet (GOV/2002/10). Ez a nukleáris biztonság átfogó megközelítését tartalmazza, beleértve a használatban levő, tárolás vagy szállítás alatt álló nukleáris és egyéb radioaktív anyagok védelmét, ellenőrzésének szabályozását, elszámoltathatóságát. A tevékenységterv kiterjed arra is, ha a védelem kudarcot vallana, illetve olyan anyagok tekintetében, amelyek előfordulási helyükön jelenleg még nem állnak védelem alatt, az anyagok jogtalan eltulajdonításának, illetve az azok csempészetére irányuló kísérleteknek a felderítésére intézkedéseket kell bevezetni. A fenti probléma kezelésének céljából az EU Tanács 2003. december 22-én elfogadta a nagy aktivitású zárt sugárforrások és a gazdátlan sugárforrások ellenőrzéséről szóló 2003/122/Euratom irányelvet, amelynek többek között célkitűzése a radiológiai balesetek és sérülések megelőzése érdekében minden nagy aktivitású sugárforrásnak és azok helyének nyilvántartásba vétele, továbbá ellenőrzése. Lényeges eleme az irányelvnek, hogy megköveteli az előzetes engedélyeztetést egyéb tevékenységek mellett a radioaktív sugárforrások ipari radiográfia, termékfeldolgozás vagy kutatás céljából történő használata, illetve emberek orvosi kezelés céljából sugárterhelésnek történő kitétele esetén.

⁵ 189 fél csatlakozott hozzá, köztük az öt atomnagyhatalom.

Az Európa Tanács 2003. november 17-én elfogadta a tömegpusztító fegyverek és a hordozóeszközök elterjedésének megakadályozásáról szóló többoldalú megállapodások egyetemessé tételéről és megerősítéséről szóló 2003/805/KKBP közös állásponatot.

2003. december 12-én az Európai Tanács elfogadta az EU *Biztonságos Európa egy jobb világban* elnevezésű, az európai biztonsági érdekekről és a tömegpusztító fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló EU-stratégiát (15708/03. sz.), amely tartalmazza az elterjedés elleni küzdelemre irányuló azon intézkedések listáját, amelyeket mind az EU-n belül, mind pedig „harmadik országokban” meg kell tenni. Az EU támogatja a NAÜ tevékenységét a nukleáris biztonság és ellenőrzés területén, s a tömegpusztító fegyverek elterjedése elleni EU-stratégia intézkedéseinek végrehajtása érdekében költségvetést biztosít.

Az ENSZ BT 2004. április 28-án egyhangúlag elfogadta az 1540. számú határozatot a tömegpusztító fegyverek elterjedésének megelőzéséről, amelyben a béke és a nemzetközi biztonság elleni fenyegetésnek minősíti a tömegpusztító fegyverek és a hordozóeszközök terjedését.⁶

Ezenkívül fontos cél a nem nukleáris célra alkalmazott radioaktív anyagok biztonságának megerősítése.

Radioaktív anyagokat gyakran használnak fel orvosi vagy ipari célból. Ezen sugárforrások némelyike meglehetősen magas aktivitású, és a NAÜ által kiadott, „radioaktív sugárforrások” osztályozásában az 1–3. osztályba tartozik. Ezek a sugárforrások a nem megfelelő ellenőrzés és védelem esetén illetéktelen kezekbe kerülhetnek, és felhasználhatók improvizált radiológiai diszperziós eszközök (*Improvised Radiological Dispersion Device*, IRDE) töltetként terrorcselekmények elkövetésére.

2005 júliusában a részes államok és az Európai Atomenergia Közösség megállapodott a „nukleáris anyagok fizikai védelméről” szóló egyezmény (*Convention on the Physical Protection of Nuclear Material*, CPPNM) módosításáról, kiterjesztve annak hatályát a polgári célú belföldi felhasználású tárolás, valamint szállítás alatt álló nukleáris anyagokra és létesítményekre. Lényeges elvárás fogalmazódik meg ezzel egyidejűleg a részes államok irányában az ezzel kapcsolatos jogsértések büntetőjogi szankcionálásának tekintetében.

A nukleáris biztonsági feladatok keretében az egyes országokban értékelik a nukleáris és egyéb radioaktív anyagok fizikai védelmének helyzetét, és azoknak a nukleáris vagy kutató létesítményeknek, illetve helyszíneknek a védelmét,

⁶ United Nations: *Security Council Resolution 1540*. 2004. április 28.

ahol ezeket az anyagokat használják vagy tárolják, értékeli a sugárforrások védelmének javításához szükséges igényeket. Azonosítják a hiányosságokat és gyenge pontokat, valamint a nagy, veszélyeztetett sugárforrások kiegészítő védelmének esetleges szükségességét. Az ENSZ BT „tömegpusztító fegyverek és hordozóeszközök elterjedésének megakadályozásáról” szóló 1540 (2004) számú határozata szintén kötelezi valamennyi államot hazai ellenőrzések kialakítására, beleértve a nukleáris fegyverekhez kapcsolódó anyagok megfelelő ellenőrzését.

Az EU Tanács a NAÜ tevékenységeinek a nukleáris biztonság és ellenőrzés területén, illetve a tömegpusztító fegyverek elterjedése elleni EU-stratégia intézkedéseinek végrehajtása keretében történő támogatásáról szóló közleményének (2008/314/KKBP) mellékletében kitért arra, hogy a nukleáris anyagokkal való illegális kereskedelemről szóló, korábban kiadott jelentések alábecsülték a terroristák nukleáris anyagokhoz való hozzáféréseinek jövőbeni veszélyét.

Az európai biztonsági stratégia végrehajtásáról szóló 2008. decemberi jelentés (S407/08) mindezekén kívül kinyilvánította, hogy a tömegpusztító fegyverek általi fenyegetettség fokozódott, és hogy ez az ügy továbbra is kiemelt helyen szerepel az EU politikai napirendjén. Azt látni kell, hogy a jövőben a nukleáris környezetünk biztonságát – a nukleáris fegyverek meghatározó pozíciója mellett – a fegyvergyártáshoz szükséges eszközök proliferációja, valamint a nukleáris terrorizmus állapota fogja meghatározni. A katonai műveletek nukleáris környezetének komplexitása szükségessé teszi a lehetséges források tagolását, példának okáért a nukleáris környezet egyik jelentős komponensét az atomfegyverrel rendelkező országok arzenálja képezi.

Az atomrobbanás összetett hatása az egyes pusztító tényezőknek (léglökési hullám, fény- és hősugárzás, áthatoló radioaktív sugárzás, elektromágneses impulzus, visszamaradó sugárszennyezettség) az élőlényre, a terepre és a különböző objektumokra kifejtett együttes pusztító hatását jelenti. Az atomfegyver pusztító tényezői – leszámítva a robbanás centrumától nagyobb távolságra elhelyezkedő körzetek sugárszennyeződését, azaz a visszamaradó radioaktív sugárzást – gyakorlatilag egy időben és ugyanazon a helyen jelentkeznek, s egymás hatását kiegészítve kombinált sérüléseket idéznek elő az élőlényben, összetett módon pusztítják az objektumokat és a harci-technikai eszközöket.

Az atomfegyverek alkalmazása során lejátszódó magreakciókat, illetve az azok következtében kialakuló összetett hatást alapul véve fontos elkülönítve kezelni az úgynevezett radiológiai fegyvereket.

Radiológiai fegyver minden olyan eszköz (kivéve az atomfegyvert), amelyet speciálisan arra terveztek, hogy radioaktív anyagot diszpergálva károkat,

sérüléseket okozzanak. Ezen belül meg kell különböztetni ennek a típusnak a katonai céllal kifejlesztett változatát, valamint a terrorakciók lehetséges eszközeként megjelölt radioaktív anyaggal töltött improvizált robbanószerkezetet. Ezzel összefüggésben a radiológiai hadviselés sugárzó anyagok vagy sugárzást keltő eszközök alkalmazását jelenti területek lezárása vagy veszteségek okozása céljából. Idetartozik az atomfegyverek alkalmazása sugárszennyezés létrehozása céljából (AAP-21).

A háborús és válságreagáló műveletek ABV-környezetének lényeges eleme az azok övezetében található veszélyes radioaktív anyagokat rejtő polgári békés célú létesítmények köre, valamint az azokból esetlegesen illegálisan kikerülő sugárzó anyagok. A radioaktív veszélyhelyzetet előidéző veszélyes anyagok lehetséges forrásaiként a Magyar Honvédség ABV-doktrínája a következőket jelöli meg:

- polgári nukleáris energiatermelés;
- kutató, újrafeldolgozó és tároló létesítmények;
- hulladéktároló létesítmények;
- ipari és gyógyászati sugárforrások;
- az átmenő forgalomban szállított sugárzó anyagok és források;
- lopott vagy csempészett atomfegyverek, illetve az előállításukhoz szükséges hasadóanyagok.

A NAÜ 2020-ban közzétett jelentése szerint 1993 és 2019 között 3686 bizonyított olyan eset volt, amelyekben radioaktív anyagokkal összefüggő visszaélést állapítottak meg. Ezek közül 290 esetben történt bizonyítottan jogosulatlan birtoklás, illegális kereskedelem és 1023 esetben nem volt egyértelműen bizonyítható bűnös célú visszaélés, 2373 incidens hátterében pedig nem állapítottak meg bűnös szándékot. A dúsitott uránnal, illetve plutóniummal kapcsolatos visszaélésekre az említett időszakban mintegy 57 ízben derült fény.⁷ Az utóbbiak kivételével a csempészett anyagok nukleáris fegyver gyártására nem alkalmasak, azonban radiológiai diszperziós eszköz készítésének alapjául szolgálhatnak.

A kialakuló radioaktív veszélyhelyzet jellemzőit a sugárzás típusa és a jelen levő nuklidok határozzák meg. A forrás és a kibocsátás módjától függően a terjedés földrajzi eloszlása rendkívül eltérő lehet.

A nukleáris hulladék vagy sugárforrás szétterülése tűz vagy robbanás következtében közvetlenül, lokálisan szennyezett területek kialakulását eredményezi.

⁷ Office of Nuclear Security International Atomic Energy Agency: *Illicit Trafficking Database (ITDB)*. IAEA, 2020.

Robbanás hatására néhány száz négyzetméter nagyságrendű területet fog a szennyezés érinteni. Tűz esetén, a meteorológiai viszonyoktól függően, a szétterülő radioaktív füst több négyzetkilométernyi területet teríthet be szélirányban.

A műveleti területen kialakuló szennyezett terepszakaszt az összetett hatás következtében létrejövő tüzek, torlaszok, rombolások, magas sugárszintű terepszakaszok, a radioaktív termékekkel szennyezett légtér jellemzi, amelyek nagymértékben megnehezítik a csapás következményeinek felszámolását végző csapatok tevékenységét, a személyi állomány és a technikai eszközök mentését, a sérültek gyógykezelését, a harci technika javítását.

1.1.2. Biológiai környezet

A biológiai fegyver kutatási költségei a katonai kutatóintézeteknél alkalmazott rendkívül magas biztonsági és laboratóriumvédelmi eljárások miatt elérhetik a polgári kutatások tízszeresét is, azonban a legyártott törzsek felhasználásával beindított tömeggyártás fajlagosan a legolcsóbb tömegpusztító fegyvert eredményezi.

A biológiai fegyverek (kórokozó mikroorganizmusok és toxinok) kutatásának, fejlesztésének, gyártásának és felhasználásának tilalmáról szóló biológiai és toxinfegyver-tilalmi egyezményt (Biological and Toxin Weapons Convention – BTWC) 1972-ben írták alá, és 1975-ben lépett érvénybe. A biológiai fegyverek kutatásával foglalkozó országok, elsősorban az Egyesült Államok és a Szovjetunió 1975 után az ágensek 80–85%-át megsemmisítették, csak viszonylag kis mennyiséget tartottak vissza ezekből, az úgynevezett *védelmi kutatások* céljaira. Ezeket liofilizált állapotban, alacsony hőmérsékletre hűtve tárolják. A tárolt, liofilizált kórokozókból a nagyüzemi gyártás azonnal beindítható, és néhány napon belül tonnaszámba gyártható a legolcsóbb tömegpusztító fegyver.⁸

Szakértők szerint ugyanakkor a nemzetközi terrorhálózat bizonyos csoportjai is rendelkezhetnek képességgel és szándékkal a biológiai fegyverek használatát illetően. A SARS- és az influenza-világjárvány tapasztalatai pedig rámutattak arra a sebességre, amely az erősen fertőző kórokozók terjedését jellemzi. Az 1995-ös tokiói szarintámadást követően derült ki, hogy az Aum Shinrikyo vallási szekta vezetője, Chizuo Matsumoto korábban, 1993-ban két alkalommal is próbált terjeszteni anthraxot (*Bacillus anthracis*) háti permetező berendezéssel

⁸ Havai Gábor: *Vegyvédelmi ismeretek*. Budapest, ZMNE, 1998.

és aeroszolfejlesztő generátorral felszerelt járművel Tokióban, azonban egyik esetben sem járt sikerrel a bűnös célú vállalkozás. A szakértők aggodalmukat fejezik ki az olyan géntechnológiai eljárások terén lehetséges visszaélésekkel kapcsolatosan, amelyek biológiai hadviselési célokat is szolgálhatnak. A biotechnológia és a nanotechnológia fejlődésének hozzáférhető eljárásai, valamint az ehhez szükséges technikai eszközök és berendezések internetes beszerzésének lehetősége biztonsági kockázatot jelent.

Az emberi szervezet genetikai rendszerének felfedezésére indított program (humán genom-projekt) az orvostudomány fejlődésében megnyilvánuló előnyei mellett újabb veszélyforrást is jelenthet. A genetikai kódok megfejtése ugyanis elvben lehetővé teszi az egyes népcsoportok betegségekkal (kórokozó mikroorganizmusokkal) szembeni érzékenységeinek feltérképezését. Ezek az információk azonban nem csak az orvostudomány szempontjából fontosak: a biológiai fegyver-kutatók számára új lehetőségeket teremtenek arra, hogy géntechnológiai eljárásokkal előállított új mikroorganizmusokkal bővítsék a biológiai fegyverek töltetként felhasználható ágensek körét. A BTWC hatodik (2006-os) felülvizsgálati konferenciáján ugyanis megfogalmazódott az aggodalom az etnikai fegyverek gyártására és használatára vonatkozóan, és azt indikatív módon az emberiség elleni bűncselekménynek nyilvánították.

A modern genetikai módszerek széles körű alkalmazása lehetővé tette a kórokozók gyors és viszonylag olcsó azonosítását, de ezek a tudományos produktumok alkalmazhatók a biológiai fegyver-fejlesztéseknél is. A mikroorganizmusok olyan lényeges tulajdonságainak módosítási lehetősége, mint például a fertőzőképesség, a patogén jellemzők, illetve az antibiotikumokkal szembeni rezisztencia elérhetővé vált. A gyógyszeres kezelés tekintetében pedig a használatban lévő antibiotikumokkal szemben genetikailag rezisztenssé alakított ágensek egyelőre megoldhatatlan problémát jelenthetnek. A genetikailag módosított szerkezetű, biológiai fegyver gyártására alkalmas kórokozók megjelenésével számolni lehet a mikrobiológiai identifikálásuk problémájával is. Ismeretlen genetikai állományú mikroorganizmus azonosítása nehéz és időigényes, nem is beszélve az azt követő vizsgálatokról (tulajdonságok feltérképezése, alkalmazható hatóanyag megtalálása stb.).

A CBRN-események bekövetkezése, vagy akár azok közvetlen veszélye, illetőleg az azokhoz kapcsolódóan kialakuló súlyos vészhelyzet azzal fenyeget, hogy a válság kezelése meghaladja az adott ország reagálási képességét, akár a polgári védelmi mechanizmust, akár a védelmet és orvosi ellátást, akár az ellenintézkedéseket tekintjük.

Veszélyt jelent, hogy a Szovjetunió széthullását követően az orosz biológiai-fegyver-kutatók egy része olyan országokba is exportálhatta tudását, amelyek támogatják a terrorizmust. Jelenleg mintegy 11 ország és több terrrorszervezet rendelkezik biológiai fegyver előállítására alkalmas készletekkel, illetve szellemi tőkével.⁹

A szovjet időszakban folytatott vegyi és biológiai fegyverprogramok eredményei egyébként jelenleg is biztosítják Oroszország számára a vegyi és biológiai fegyverek előállításának képességét.¹⁰

Az Egészségügyi Világszervezet adatai szerint a terroristák által hozzáférhető és bevezethető patogén kórokozók egyelőre a legolcsóbb tömegpusztító fegyverek, amelyek járvány méretű elszabadulása esetén komoly veszélyt abban a tekintetben jelentenek, hogy a tömeges (többezres) megbetegedések kezelésére egyetlen ország egészségügyi rendszere sincs felkészülve.¹¹ Ezt az elmúlt évek Covid-19-járványa egyértelműen igazolta.

Az életképes mikroorganizmusokat tartalmazó tartályok, töltetek lehetnek kis méretűek, így csempészésük, szállításuk nem jelent különösebb nehézséget, csupán a táptalajról és az optimális életfeltételeket biztosító klimatikus körülményekről kell gondoskodni. A megszerzett kórokozó törzset ezután már könnyedén lehet szaporítani, nem kell hozzá más, csak egy közönséges konyha, pár mikrobiológiai szakkönyv a könyvtárból, illetve néhány laboreszköz, amely bárhol kapható. A fentebb említett, 1972. április 10-én 140 ország által aláírt és 1975. március 26-án életbe lépett BTWC-egyezményt teljesíteni kívánók vállalták, hogy nem fejlesztenek, állítanak elő és raktároznak, illetve még megelőző, védelmi, valamint békés céllal sem szereznek be az indokoltnál nagyobb mennyiséget a tömegpusztító fegyverek és azok alapanyagainak ezen típusaiból.

Az Európa Tanács 2003. december 12-én elfogadta a tömegpusztító fegyverek elterjedése elleni EU-stratégiát, amelynek célja többek között a BTWC-egyezmény megerősítése volt. Az Európai Unió 2006. február 27-én a biológiai és toxinfegyverek tekintetében együttes fellépésről állapodott meg, amelynek célja a BTWC-megállapodás egyetemessé tételének elősegítése, valamint az abban részes államok által vállalt, végrehajtandó feladatok támogatásának biztosítása.

⁹ Nemzetbiztonsági Hivatal: Bio-fenyegetés az új évezredben. 2001. augusztus 27.

¹⁰ NATO: *NATO's Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Defence Policy*. 2022. június 14.

¹¹ Nemzetbiztonsági Hivatal (2001. augusztus 27.): i. m.

Az Európai Unió az esetleges CBRN-eseményekre azonnali, EU-szintű reakcióképességének fejlesztése érdekében sürgősségi és válsághelyzeti koordinációs intézkedéseket dolgozott ki, amelyek megvalósítási hátterét az EU Helyzetelemző Központja biztosítja. Az EU Egészségügyi Biztonsági Bizottsága (*Health Security Committee, HSC*) tesz javaslatokat a vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris veszélyek, valamint a jelentős egészségügyi veszélyek – például a járványos influenza – esetére, és folyamatosan nyomon követi a tervezési munkát.

Megfogalmazódik a szakértők részéről ugyanakkor a biológiai fenyegetés más forrása miatti aggodalom is. A molekuláris biológiai, illetve a genetikai kutatások óriási fejlődése, valamint annak igénye nyomán az új, magas biztonsági fokozatú laboratóriumok számának jelentős növekedése figyelhető meg. Azok, amelyek hiányosságokat mutatnak a megfelelő biológiai biztonsági és biológiai védelmi előírások betartása terén, potenciális veszélyforrást jelentenek.

2008 februárjában EU-s CBRN-munkacsoport alakult, amelynek zárójelentését 2009 januárjában tették közzé. Az EU CBRN cselekvési terve e zárójelentésre épül, amely 133 intézkedés végrehajtásával kívánja elérni a célt.

Az Európai Közösségek Bizottsága a vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris biztonság Európai Unión belüli megerősítéséről 2009-ben kiadott közleményében meghatározott intézkedései között szerepel többek között a CBRN-anyagok megfelelő védelmének biztosítása és a nem megfelelő célra történő megszerzésük lehetőségének korlátozása, valamint a felderítő rendszerek fejlesztésének és alkalmazásának tökéletesítése az egész unióban.

Szándékos biológiai fenyegetés vagy cselekmény megelőzése, elhárítása, a bekövetkező biológiai helyzet kezelése szükségessé teszi a válaszlépések összehangolását. Katonai műveletek tervezésénél figyelembe kell venni a biológiai környezetet is. A lehetséges veszélyeztető forrásokat tekintve ebben az esetben is célszerű bizonyos mértékű tagolásukat elvégezni.

A biológiai harcanyag a mikroorganizmus (vírus, baktérium, gomba, rickettsia, prion stb.), illetve az általa termelt toxin, amely az emberek, állatok vagy növények tömeges megbetegedését okozza. A biológiai harcanyagok önmagukban nem fegyverek, biológiai hadviselésre alkalmassá válnak azonban a különböző célba juttató eszközök felhasználásával, ekkor lehet biológiai fegyverről beszélni. A biológiai fegyverek tehát a biológiai harcanyagok, valamint azok célba juttatására, szétszórására, elterjesztésére alkalmas eszközök együttesen, beleértve a vektorokat is.

A biológiai hadviselés nem más, mint biológiai fegyver alkalmazása veszteségokozás (emberi, állati) vagy növények és anyagok károsítása céljából.

A biológiai környezet összetételét tekintve célszerűnek találom a polgári célú veszélyforrásokat a fentiekől elkülönítve értelmezni.

Veszélyes biológiai anyag környezetbe kerüléséből származó veszélyhelyzet lehetséges forrása lehet létesítmények elleni támadás – vagy azok másodlagos rombolódása –, ahol fertőző anyagokat állítanak elő vagy tárolnak. A számba vehető létesítmények sorába tartoznak a kórházak, egészségügyi létesítmények, valamint a gyógyszergyártáshoz és a mezőgazdasághoz kapcsolódó kutató, termelő, újrafeldolgozó és tároló épületek.

1.1.3. Vegyi környezet

Az ókortól kezdve használtak fojtó hatású, általában kén tartalmú anyagok elégetésével nyert füstöket az ellenség elpusztítására, zavarására, valamint különböző mérgeket uralkodók, hadvezérek megmérgezésére. Az 1900-as évek elején a francia rendőrség bűnözők elfogására már alkalmazott halogéntartalmú anyagokat, azok ingerlő, könnyfakasztó tulajdonságait kihasználva.

Az első jelentős hatású mérge, a kéksav (hidrogén-cianid) felfedezését később több olyan mérgező vegyület szintetizálása követte (foszgén, kénmustár), amelyet az I. világháborúban tömegesen használtak. A klórgáz első jelentős katonai alkalmazása is az első világegés során történt, a belgiumi Ypres (németül: Ypern) városka közelében, 1915. április 22-én. Az első bőrmérge, a hólyaghúzó hatású kénmustár bevetésére pedig 1917 nyarán került sor, súlyos emberi veszteségeket okozva. Az I. világháború folyamán a vegyi fegyverek következtében hozzávetőlegesen százezer ember halt meg, s a sérültek száma elérte a másfél milliót.

Az új fegyver kegyetlen pusztító hatását a hátszágok közvéleménye is elítélte, az 1925. évi genfi konferencia pedig megtiltotta a mérgező harcanyagok katonai célú felhasználását. Az egyezmény azonban a csatlakozások tekintetében nem teljesítette be a várakozásokat. A két világháború között továbbfejlesztett hólyaghúzó mérgező harcanyagokat (az oxigénmustárt és a nitrogénmustárt), illetve a II. világháború előtt és alatt kifejlesztett idegbénító mérgező harcanyagokat (a DFP, a tabun, a szarin és a szomán) a mai napig a potenciális vegyületek között tartjuk számon.

Az 1950-es években alakították ki az idegbénítók legveszélyesebb csoportjához tartozó „V” anyagokat (például V_x), ugyanakkor az ingerlő harcanyagok fejlesztése is új vegyületeket eredményezett („CS” és „CR”). A növényzetpusztító és a pszichotoxikus („BZ”) harcanyagok hadrendbe állításával is szélesedett a vegyi fegyverek

skálája, majd megjelentek a bináris, azaz a kétkomponensű vegyi fegyverek. A legújabb fejlesztések eredményeképp olyan, még a V_X -nél is mérgezőbb szintetikus harcanyagok születtek, mint a karbamátok és a GABA-effektorok (*gamma-aminovajsav*, GABA). A fejlesztés új területe a mérgező harcanyagok olyan komponenseinek szintetizálása, amelyek nem esnek a nemzetközi korlátozó intézkedések hatálya alá.

A fejlesztések nem korlátozódtak pusztán a laboratóriumokra, a célba juttató eszközök, vegyi robbanófejekkel is szerelhető harcászati, harcászati-hadműveleti, hadműveleti és hadászati rakéták újabb és újabb generációit rendszeresítették a világ hadseregeiben.

1993. január 13-án Párizsban 39 ország képviselői írtak alá egyezményt a vegyi fegyverek kifejlesztésének, gyártásának, felhalmozásának és használatának tilalmáról, valamint azok megsemmisítéséről. Az egyezmény 1997. április 29-én lépett hatályba. Az aláíró részes államok vállalták, hogy semmilyen körülmények között sem:

- fejlesztenek ki, gyártanak, szereznek meg, bármely más módon halmoznak fel, tartanak meg vegyi fegyvert;
- adnak át közvetlenül vagy közvetve vegyi fegyvert bárkinek;
- használnak vegyi fegyvert;
- kezdeményeznek bármely vegyi fegyver alkalmazására irányuló katonai előkészületet;
- működnek közre az egyezmény által meghatározott, tiltott tevékenység folytatásában.

Minden, az egyezményhez csatlakozó részes állam vállalta, hogy megsemmisíti a tulajdonában álló vagy a területén hagyott vegyi fegyvereket, illetve minden tulajdonában álló vegyifegyver-gyártó létesítményt. Ezenkívül vállalták, hogy nem alkalmaznak vegyi kényszerítő eszközt mint hadviselési módszert.

A Vegyifegyver-tilalmi Szervezet (*Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons*, OPCW) az egyezmény végrehajtó szerve. A fő feladatai közé tartozik az egyezmény utasításainak végrehajtása, az ellenőrzés és a vegyi fegyverek megsemmisítése. Minden részes államnak fel kell állítania egy nemzeti hatóságot, amely elvégzi az adatszolgáltatást, illetve megtervezi és összehangolja a megsemmisítési tevékenységet.

A Magyar Köztársaság Országgyűlése 1996. október 29-én ratifikálta az egyezményt. A vegyifegyver-tilalmi egyezményhez 2022 júniusáig 193 nemzet

csatlakozott, életbe léptetése óta a részes országok 71 302 tonnányi anyagot semmisítettek meg.¹²

Problematicusnak tekinthetők továbbá a biológiai és vegyi fegyverek vonatkozásában az ágensek, valamint az 1. listás vegyületek¹³ kölcsönös ipari, kutatási, gyógyászati célú, többnyire legális szállításai, amelyek visszaélések forrásává válhatnak. Az 1. listás anyagokat a tagállamok csak kutatási, orvosi, gyógyszerészeti és védelmi kutatási célokra használhatják. Szállításuk tiltott olyan országba, amely nem tagja az egyezménynek. Gyártásuk, tárolásuk és exportjuk is engedélyköteles, és mennyiségében korlátozott.

A katonai műveletek vegyi környezetét a katonai, valamint a polgári célú veszélyforrások jelentik. A katonai műveletekre veszélyt jelentő lehetséges forrásokat tekintve elmondható, hogy az eredetileg polgári célú vegyipari létesítmények napok leforgása alatt átállíthatók katonai célú termelésre. Minden ország rendelkezik valamilyen ipari kapacitással. A termelő, tároló létesítményekben és a szállító eszközökben visszamaradó anyagok jelentős veszélyt jelentenek. A konfliktusban érintett területen bekövetkező kibocsátás, függetlenül attól, hogy az szándékos tevékenységből vagy balesetből ered, hatással lehet a hadműveletek menetére. A veszélyes ipari anyag lehet mérgező, radioaktív, fertőző, szilárd, folyadék, aeroszol vagy gáz-halmazállapotú. Ezeket az anyagokat ipari, kereskedelmi, egészségügyi, katonai vagy háztartási céllal állítják elő, tárolják, szállítják és használják.

A mérgező harcanyagok olyan toxikus vegyületek, amelyeket katonai műveletekben használnak azzal a céllal, hogy halált, súlyos sérülést vagy harcképtelenséget okozzanak sajátos fiziológiai hatásaik által. A vegyi hadviselés a vegyi fegyverek alkalmazása emberek és állatok ellen halál, sérülés vagy jelentős időtartamú harcképtelenség okozása, adott terület, létesítmény, anyagok használatának lehetetlenné tétele céljából.¹⁴ Vegyi fegyvernek a mérgező harcanyag és az azt célba juttató eszköz együtt nevezhető.

A veszélyes ipari anyagok növekvő felhasználása és előfordulása azt jelenti, hogy újabb ABV-veszélyekkel kell szembenézni, ugyanis lehetséges, hogy

¹² OPCW: *OPCW by the Numbers*. (É. n.)

¹³ Azokat a vegyületeket tartalmazza, amelyeket vegyi fegyverként fejlesztettek ki, állítottak elő vagy használtak, illetve azokat, amelyeknek szerkezeti képlete közeli rokonságban van a felsoroltakkal, tulajdonságaiknál fogva alkalmasak vegyi fegyverként történő felhasználásra.

¹⁴ NATO: *AAP-21(B) NATO Glossary of Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Terms and Definitions English and French*. 2006. július 1.

a NATO-erők a saját vagy ellenséges cselekmények következtében kialakuló ipari veszélyhelyzetnek lesznek kitéve, amely veszélyes ipari anyagok kibocsátásából ered, személyek, a környezet, valamint tárgyak szennyezését, illetve károsodását okozza. Az ipari veszélyhelyzet körzete az a terület, amelyre a tényleges vagy a lehetséges kiszabadulásból veszélyes ipari anyag került, illetve kerülhet, és a kiszabadulás az adott körzeten belül folyó műveletekre közvetlen hatást gyakorol.

Az ipari vegyszerek jelentős mérgezésveszélyt jelentenek, valamint sérülést okozhatnak az emberi testben, és károsíthatják a felszerelést. Számos ipari vegyület maró hatású, gyúlékony, robbanékony, vagy a levegővel és vízzel heves reakcióba lép, ezeknek a rövid ideig tartó veszélyeknek a jelentősége meghaladhatja az azonnali mérgező hatását. Hosszú és rövid távú egészségkárosító hatásaik is lehetnek. A legtöbb kibocsátás gáz vagy nagyon illékony folyadék formájában történik.

1.2. A nukleáris fegyverek szerepe az elrettentésben

A romló biztonsági környezet miatt az atomfegyverrel rendelkező hatalmak és a NATO újból hangsúlyozza az elrettentést és a kollektív védelmet nyilatkozataiban.

A nukleáris fegyverek a 2010-es években visszatértek a nemzetközi politikai köztudatba. A nukleáris fegyverrel rendelkező államok közötti egyre növekvő konfliktuspotenciál aggodalmakat váltott ki a felhasználásuk kockázata miatt. Másodsorban a két legnagyobb nukleáris arzenállal rendelkező atomhatalom, az Egyesült Államok és Oroszország közötti kétoldalú fegyverzet-ellenőrzés is elakadt. A leszerelés helyett valamennyi nukleáris fegyverrel rendelkező állam arzenáljának korszerűsítésére és diverzifikálására összpontosít. A helyzetet tovább rontotta, hogy a közepes hatótávolságú nukleáris erők szerződése (*Intermediate-Range Nuclear Forces Treaty*, INF) összeomlásának kezdetén Oroszország 2016 decemberében megkezdte az egyezmény által tiltott robotrepülőgépek tesztelését és telepítését. Az USA arra hivatkozva, hogy Oroszország megszegte az egyezményt, kilépett a szerződésből. A szerződés megszűnése sokak szerint leküzdhetetlen akadálya lehet az amerikai–orosz atomfegyverek további ellenőrzésének. Ez újfajta fegyverkezési dinamikát is előidézhet Európában. Ugyanakkor megjelent egy ezzel a folyamattal ellentétes trend is: a globális antinukleáris mozgalom a hidegháború óta nem látott módon éledt

fel. A nukleáris fegyverekre támaszkodás biztonsági kockázataival kapcsolatos újbóli aggodalom vezetett a nukleáris fegyverek tilalmáról szóló szerződés (*Treaty on the Prohibition of Nuclear Weapons*, TPNW) tárgyalásához, amelyet 122 kormány fogadott el az Egyesült Nemzetek Szervezetében 2017. július 7-én.¹⁵

A nukleáris elrettentés filozófiájának alapja, hogy az atomfegyvert alkalmazó fél számára kétségtelen legyen a támadásra reagáló válaszcsoport bizonyossága, és az, hogy annak hatásaival neki is meg kell küzdenie.

A nukleáris csapással érintett, valamint az azt övező területeken uralkodó állapotok nehezítik a katonai műveletek végrehajtását, a rombolt terepszakaszok és infrastruktúrák helyreállítása érdekében a vegyvédelmi szakalegységek mellett szükséges fokozni a műszaki szakcsapatok tevékenységét is.¹⁶ Az atomrobbanás következményeit felszámoló osztagba beosztott állomány feladat-végrehajtását bonyolítja a háborús területet érintő „hagyományos” tűzszerészeti teendők ellátásának szükségessége, amelynek bonyolult környezetben való végzése speciális felkészítést igényel.¹⁷ A nukleáris csapás pusztító tényezői a polgári infrastruktúrában, főleg az urbanizált környezetben, olyan katasztrofális hatású természeti csapáshoz hasonlítható károkat okoznak, amelyek miatt a helyreállításba szintén be kell vonni a műszaki alakulatokat.¹⁸ Az erdővel borított térségekben kialakult tűzvihar keltette erdőtüzek kezelése pedig további speciális erőket és képességeket köt le.¹⁹

A nukleáris fegyverek tilalmáról szóló szerződés (TPNW), amelyet 2017-ben fogadtak el, továbbra is a globális nukleáris leszerelés hosszú távú céljának elérése felé tett előrelépés előmozdítására irányuló nemzetközi erőfeszítések középpontjában áll. A TPNW az első, jogilag kötelező érvényű megállapodás, amely megtiltja az atomfegyverek fejlesztését, telepítését, birtoklását, használatát és a használatával történő fenyegetést. Az évek során számos államban folytak viták arról, hogy csatlakozzanak-e a TPNW-hez. A viták általában a javasolt

¹⁵ Tytti Erästö – Tarja Cronberg: *Opposing Trends: The Renewed Salience of Nuclear Weapons and Nuclear Abolitionism*. Stockholm, SIPRI, 2018.

¹⁶ Kovács Tibor: Mérgező anyagok fizikai elvű kimutatása. *Hadtudomány*, 12. (2002b), 4. 106–114.

¹⁷ Ember István: Lehetőségek a tűzszerész-szakkiképzés fejlesztésére. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30. (2020), 1. 99–110.

¹⁸ Padányi József: *A Magyar Honvédség műszaki csapatainak lehetőségei és feladatai békeidőben a természeti- és civilizációs katasztrófák megelőzésében és a következmények felszámolásában*. Kandidátusi értekezés. 1994.

¹⁹ Földi László – Kuti Rajmund: Characteristics of Forest Fires and their Impact on the Environment. *AARMS*, 15. (2016), 1. 5–17.

atomfegyver-tilalom normatív hatásának, valamint annak a nukleáris elrettentésen alapuló biztonsági stratégiákra és szövetségekre gyakorolt hatásainak értékelésére összpontosítottak.²⁰

A nukleáris elrettentésen alapuló stratégiák azonban pusztán a létükkel gyengítik az egyezmény hatását és az általa megfogalmazott célok érvényesülését.

1.2.1. Nukleáris elrettentés ma

A NATO a nukleáris elrettentési nyilatkozatában 2018-ban úgy fogalmazott, hogy elkötelezett a fegyverek ellenőrzése, a leszerelés és a tömegpusztító fegyverek elterjedése ellen, de mindaddig, amíg nukleáris fegyverek léteznek, nukleáris szövetség marad. A NATO nukleáris erői létének alapvető célja az elrettentés. A nukleáris és a hagyományos képességek megfelelő keverékén alapuló elrettentés továbbra is a NATO átfogó stratégiájának központi eleme. Az atomfegyverek a szövetség elrettentési és védelmi képességeinek alapvető elemei a hagyományos és rakétavédelmi erők mellett.²¹

A 2019-ben kiadott álláspont már kihangsúlyozza, hogy ez az elrettentés a NATO konfliktusok és háborúk megelőzésére irányuló átfogó stratégiájának központi eleme, és mivel a NATO nukleáris erőinek hitelessége központi szerepet játszik az elrettentés fenntartásában, ezen erők biztonságát és hatékonyságát folyamatosan értékeli a technológiai és geostratégiai fejlemények fényében.²²

A NATO 2022-ben közzétett irányelvében pedig már leszögezi, hogy válaszul Oroszország ukrajnai inváziójára, a NATO lépéseket tesz elrettentőképességének jelentős megerősítésére, és továbbfejleszti annak fenntartásához szükséges kapacitások teljes körét, beleértve a CBRN védelmi képességeket is.²³

A hidegháború elején az elrettentés gyakorlatilag egyet jelentett a nukleáris elrettentéssel az amerikai elrettentési stratégiákban elsődleges szerepet játszó amerikai nukleáris erőkre támaszkodva.²⁴

²⁰ Stockholm International Peace Research Institute: *Armaments, Disarmament and International Security*. Stockholm, SIPRI, 2019.

²¹ NATO: *NATO Encyclopedia*. 2018. Brussels, 2018.

²² NATO: *NATO's Nuclear Deterrence Policy and Forces*. 2019. június 8.

²³ NATO (2022. június 14.): i. m.

²⁴ Robert Peters – Justin Anderson – Harrison Menke: *Deterrence in the 21st Century, Integrating Nuclear and Conventional Force*. *Strategic Studies Quarterly*, 12. (2018), 4. 15–43.

Jelenleg a NATO és különösen az Egyesült Államok stratégiai erői jelentik a szövetségesek biztonságának legfőbb garanciáját. Az Egyesült Királyság és Franciaország független stratégiai nukleáris erői saját elrettentő szerepet töltenek be, és jelentősen hozzájárulnak a Szövetség általános biztonságához. A szövetségesek különálló döntéshozó mechanizmusai hozzájárulnak az elrettentéshez azáltal, hogy megnehezítik az esetleges ellenfelek számításait, azaz a Szövetség ellen indított támadás során az ellenségnek nem csak a NATO döntéshozatalával kell megküzdenie, hanem figyelemmel kell lennie az Egyesült Államok, az Egyesült Királyság és Franciaország vezetőinek döntéshozatali rendszerére is.

A NATO nukleáris elrettentőképessége tehát az Egyesült Államokon és az általa Európába telepített nukleáris fegyverzetten, valamint az érintett szövetségesek által biztosított nukleáris csapásmérő képességeken és infrastruktúrán alapul. Számos NATO-tagország kettős rendeltetésű repülőgép-képességgel járul hozzá a Szövetséghez. Ezek a repülőgépek központi szerepet játszanak a NATO nukleáris elrettentési missziójában, és a készség különböző szintjein állnak rendelkezésre a nukleáris fegyverek bevetésére. A képesség kiegészül azzal, hogy a hordozóeszközöket felkészítették nukleáris töltetek konfliktusok során történő szállítására, s a hajózó és kiszolgáló személyzetet is ennek megfelelően képzik ki.²⁵

Az atomfegyverek szerepe Európában az elmúlt hat évtizedben többször is változott a NATO-országok nukleáris erői méretét és fajtáját tekintve. Az elrettentés négy különálló időszaka közül a *kölcsönös megsemmisítés*, a *rugalmas reagálás* és a hidegháború utáni *minimális elrettentés* korszakaiban az Egyesült Királyság stratégiai nukleáris fegyverei is folyamatosan hozzájárultak a NATO nukleáris doktrínájához, de a hidegháború vége óta ennek a hozzájárulásnak a valódi lényege egyre bizonytalanabbnak látszott az elemzők szerint.²⁶

A Szovjetunió összeomlását követően a nukleáris elrettentés szerepe hasonlóan a háttérbe szorult az USA nemzetbiztonsági politikájának, védelmi stratégiájának és katonai műveleteinek kialakítása során is. Az 1990-es és 2000-es években a nukleáris erők látszólag periférikus helyzetbe kerültek, és egyre csökkenő szerepet játszottak a globális biztonság fenntartásában.²⁷

²⁵ NATO (2019. június 8.): i. m.

²⁶ Ian Davis: *The British Bomb and NATO. Six Decades of Contributing to NATO's Strategic Nuclear Deterrent*. Stockholm, SIPRI, 2015.

²⁷ Peters–Anderson–Menke (2018): i. m.

Az a tény azonban nagyon beszédes, hogy négy új Dreadnought-osztályú, nukleáris meghajtású atom-tengeralattjáró gyártása van folyamatban, amelyet az Egyesült Királyság 5. generációs rakétarendszerrel szerel fel.

Az új nukleáris fegyverhordozókkal a Trident-program részeként rendszerben tartott négy Vanguard-osztályú, nukleáris tengeralattjárót cserélik le, amelyeket az Egyesült Királyság nukleáris arzenáljának az egyedüli nukleáris platformjaként tartanak számon.

A brit álláspont továbbra is kinyilatkoztatja, hogy a védelem az elrettentéssel kezdődik, amely egyelőre továbbra is az Egyesült Királyság nemzetbiztonsági politikájának középpontjában áll, és hivatkozva a világ biztonságának bizonytalanságára, az elrettentésre vonatkozó átfogóbb megközelítést szorgalmaz. A törekvések a végzetes hatású fenyegetések körét elhárító *modern elrettentés* képességének elérését célozzák meg. Az Egyesült Királyság független nukleáris elrettentő erejének alapvető fontosságát emelik ki a NATO-elrettentés részeként is.

2016-ban a parlament elsőprően az Egyesült Királyság nukleáris elrettentő-képességének fenntartása mellett szavazott, amelyet a Dreadnought-osztályú hordozóeszközök hivatottak majd biztosítani a 2060-as évekig.²⁸

1.2.2. Az atomhatalmak nukleáris politikájának várható változása

Az elmúlt években Észak-Korea, Oroszország és Kína látszólag felmérték a geopolitikai környezetet, értékelték az Egyesült Államokkal és szövetségeseivel való jövőbeni fegyveres konfliktus kilátásait, és alapvetően elutasították azt az előfeltevést, hogy a nukleáris erők szerepe a geopolitikában, jelentősége a haderő eszköztárában mérséklődik. Ezek a potenciális ellenfelek úgy tűnik, elkötelezettek a nukleáris képességük és a célba juttató eszközeik alkalmazására vonatkozó stratégiák és tervek kidolgozása és végrehajtása mellett, amelyek vezetőik számára különféle alkalmazási lehetőségeket kínálnak egy válság vagy konfliktus teljes spektrumában. Ezek az államok, úgy tűnik, készek arra, hogy szükség esetén a fegyveres konfliktus megoldása érdekében elmenjenek a nukleáris küszöb, és esetleg átlépjék azt.²⁹

²⁸ Ian (2015): i. m.

²⁹ Peters–Anderson–Menke (2018): i. m.

A nukleáris elrettentés fenntartása mellett érvelő hivatalos narratíva több irányból is igyekszik alátámasztani az azt biztosító fegyverzeti kapacitást. Az egyik, gyakorta hangoztatott érv Oroszország viselkedése.

Michael Fallon brit védelmi miniszter úgy nyilatkozott, hogy Oroszország agresszívebb, tekintélyelvűbb és nacionalistább lett. A Krím félsziget jogellenes bekebelezése és az ukrán szeparatisták hibrid taktikák és médiamanipulációk révén történő támogatása megmutatta hajlandóságát a szabályokon alapuló nemzetközi rendszer aláásására saját vélt érdekeinek előmozdítása és biztosítása érdekében. Oroszország korszerűsíti nukleáris erőit, és időről időre azzal fenyegetőzik, hogy nukleáris erőket telepít Kalinyingrádba és a Krímbe.³⁰

Amerikai aggodalmak szerint Oroszország és Kína olyan stratégiákat és cselekvési lehetőségeket tart megvalósíthatónak, amelyek magukban foglalják a nukleáris fegyverek korlátozott alkalmazását a nem kívánt eszkaláció elkerülése érdekében, amennyiben a fegyveres konfliktust „saját” régiójukban hagyományos eszközökkel nem tudnák felszámolni. Észak-Korea és Oroszország katonai doktrínáikban nyíltan kifejezve alkalmazási hajlandóságukat hangsúlyozzák a nukleáris fegyverek potenciális alkalmazhatóságát. Kína nehezen átlátható és egyre növekvő konvencionális képességei miatt viszonylag kevésbé támaszkodik a nukleáris erőkre, de a közelmúltban jelentősen fejlesztette nukleáris erőinek képességeit.³¹

Az egyes államok nukleáris doktrínáiban jelentkező eltérések, ilyen típusú fegyvereik alkalmazására vonatkozóan, felerősítik a nukleáris elrettentés szerepét. Ez akár egy magasabb alkalmazási kockázatot is eredményezhet, amely arra sarkallhatja a többi atomhatalmat, hogy offenzív jellegűvé alakítsák saját elrettentési taktikájukat, illetve lehetővé tegyék a nukleáris küszöb alacsonyabb szintre helyezését.

1.2.3. Kína nukleáris politikájának változása

Az elmúlt évtizedekben Kína nukleáris erőinek felépítésével kapcsolatban különös hangsúlyt fektetett a modernizációs erőfeszítésekre. Ez elsősorban a külső

³⁰ Michael Fallon: *The Case for the Retention of the UK's Independent Nuclear Deterrent the Defence Secretary Set Out the Case for the Retention of the UK's Independent Nuclear Deterrent at Policy Exchange Today*. 2016.

³¹ Peters–Anderson–Menke (2018): i. m.

fenyegetettség változásainak köszönhető, amellyel Kínának szembe kellett néznie. Ezek a változások a nukleáris elrettentés hatékonysága szempontjából új kihívásokhoz vezettek, és különösképp szükségessé tették a technológia korszerűsítését és felújítását.³²

A kínai nukleáris arzenál szerepe azonban korlátozott, és Kína hagyományosan nem is szándékozik erre támaszkodni, a nemzetbiztonsági fenyegetések megoldása érdekében azonban nukleáris fegyvereinek egyértelmű szerepet szán a többi nukleáris fegyverrel rendelkező állam által indított atomtámadás megelőzésében és leküzdésében. A hagyományos (nem nukleáris) fenyegetések kezelésében hagyományos fegyverzetének szán szerepet.³³ Kína nukleáris fegyverekkel kapcsolatos politikájában nem ez az egyetlen különbség az orosz és az amerikai nukleáris doktrínához képest. Oroszország és különösen az USA alkalmazási elvei között hangsúlyozottan szerepel az azonnali válaszcsapás lehetősége, és ennek érdekében a nukleáris reagáló erők készenlétének fenntartása és a reagálóképesség, valamint az elhárítórendszerekkel szembeni reziliencia fokozása. Nem véletlen, hogy mind Oroszország, mind pedig az USA nukleáris fegyverrendszereinek fejlesztését irányozta elő a következő években. Ezzel szemben Kína sokáig nem helyezett ilyen mértékű hangsúlyt nukleáris fegyvereinek békeidőbeli készenlétére. Kína nem gondolja, hogy a nukleáris megtorlás késlekedése gyengítené az elrettentést, és nem tartja szükségesnek az első nukleáris csapást követő azonnali megtorlást.³⁴

A kínai vezetők úgy gondolják, hogy a nukleáris elrettentés nem az azonnali és pontos ellentámadási képességtől, hanem a nukleáris megtorlás képességétől függ. A megtorlás időbeli bizonytalansága nem befolyásolja a nukleáris elrettentést. A megtorlási képesség biztosításának és az alacsony szintű riasztás

³² Sun Xiangli: Study on China's Nuclear Strategy. In Zhang Tuosheng – Li Bin – Fan Jishe (szerk.): *Comparative Study on Nuclear Strategies*. Beijing, Social Sciences Academic Press, 2016a; Sun Xiangli: The Development of Nuclear Weapons in China. In Li Bin – Tong Zhao (szerk.): *Understanding of Chinese Nuclear Thinking*. Washington, D. C., Carnegie Endowment for International Peace, 2016b.

³³ Xu Weidi: China's Security Environment and the Role of Nuclear Weapons. In Li Bin – Tong Zhao (szerk.): *Understanding of Chinese Nuclear Thinking*. Washington, D. C., Carnegie Endowment for International Peace, 2016.

³⁴ Tong Zhao: Changes in and the Evolution of China's Nuclear Thinking. In Li Bin – Tong Zhao (szerk.): *Understanding of Chinese Nuclear Thinking*. Washington, D. C., Carnegie Endowment for International Peace, 2016.

fenntartásának bevetési elve javítja a biztonságot, és hozzájárul a stratégiai stabilitáshoz.³⁵

Ennek ellenére Kína gyors és ambiciózus katonai modernizációja aggodalomra ad okot. Kína gyorsan bővíti nukleáris arsenálját újabb robbanófejekkel és precíziós célba juttató rendszerrel.³⁶ 2004 óta Kína számos alkalommal hangsúlyozta a nukleáris fejlesztésének fontosságát a gyorsreagálási képesség mellett, azonban 2015-ben nyilvánította ki először, hogy javítani szükséges az ország nukleáris stratégiai képességét. Az elrettentőképesség hangsúlyozása egyébként nem felelne meg Kína tradicionális nukleáris elgondolásának a nukleáris ellentámadásról, ami a nagyobb nukleáris erővel rendelkező országok, például az Egyesült Államok és Oroszország doktrínájában nyíltan megjelenik. Noha nincs bizonyíték arra, hogy ezt az új gondolkodást hivatalosan támogatják Pekingben, az a tény, hogy a Katonai Tudományos Akadémia néhány magas rangú szakértője támogatja, demonstrálja a külföldi nukleáris gondolkodás fokozódó befolyását. Most, a nemzetközivé válás előrehaladtával, Kína hagyományos nukleáris gondolkodása elkerülhetetlenül kölcsönhatásba lép a nyugati nukleáris gondolkodással, és így nyugati befolyásnak van kitéve.³⁷

1.2.4. A NATO nukleáris elrettentési koncepciója

A nukleáris fegyverek fejlesztésével kapcsolatos kinyilatkoztatások, valamint a közelmúltban tapasztalható Nyugat és Oroszország közötti romló viszony korszakváltást sejtetnek az elrettentési politikában. Még ha ennek valószínűsége alacsony is, nem lehet kizárni, hogy – főleg az USA, valamint az orosz nukleárisfegyver-fejlesztések következtében – megváltozik a nukleáris fegyverek alkalmazásával kapcsolatos hozzáállás, még akkor sem, ha a feszültségek ellenére eddig a NATO elsősorban a hagyományos fegyverekhez kapcsolható erődemónstrációt hangsúlyozta.

Oroszország folyamatos haderő-korszerűsítése a nukleáris erőit is nagyban érinti. Mindez párosítva az atomarzenál fejlesztését kísérő hivatalos narratívával, valamint az azokkal végzett hadgyakorlatokkal, a nukleáris biztonsággal összefüggő aggodalmakat erősíti.

³⁵ Sun (2016a): i. m.; Sun (2016b): i. m.

³⁶ NATO (2022. június 14.): i. m.

³⁷ Tong (2016): i. m.

Az jól látható, hogy Észak-Korea, Oroszország és Kína diverzifikálja és bővíti nukleáris fegyvereinek célba juttató eszközeit, ideértve a kettős rendeltetésű rakétarendszerek fejlesztését. Lépéseket tettek a nukleáris képességű erők vezetési és irányítási (C2) rendszerének javítása érdekében.

2016-ban még az a vélekedés uralkodott, hogy az akkori körülmények között nem szükséges a NATO nukleáris elrettentőképességének radikális átalakítása, mivel a Szövetség vagy az atomfegyverrel rendelkező nyugati államok nem szándékoznak részt venni atomfegyverkezési versenyben Oroszországgal vagy bármely más lehetséges ellenféllel. Megfogalmazódott azonban, hogy valamenynyire érintett szövetségesnek aktívan folytatnia kell a légi célba juttató eszközök terén a kettős rendeltetésű kapacitások korszerűsítési folyamatát annak érdekében, hogy továbbra is közvetítse a NATO elhatározását a hiteles visszatartó erő fenntartása érdekében. Határozott szándékként jelenik meg, hogy a nukleáris misszióban részt vevő erőket nyíltan és rendszeresen kell gyakorlatoztatni, és be kell vonni a nukleáris fegyverrel és kettős rendeltetésű repülőgéppel rendelkező államok mellett más, nem nukleáris szövetségeseket is a NATO egységének demonstrálásaként. A bizonytalanság és kétely terheinek a lehetséges ellenfelekre helyezése céljából pedig a gyakorlatoknak nem szabad semmiféle specifikus nukleáris küszöböt mutatniuk.³⁸

2018-ban a NATO nukleáris tervezéssel foglalkozó csoportja miniszteri és nagyköveti szinten egyaránt megvizsgálta Oroszország intézkedéseit. Megállapították, hogy Oroszország modernizálta nukleáris stratégiai rendszereit, új nukleárisfegyver-programokat jelentett be, kettős rendeltetésű rakétákat telepített, agresszív nukleáris retorikát használt, és közepes hatótávolságú földi indítású robotrepülőgépeket fejlesztett és állított szolgálatba az INF-szerződés megsértésével. A NATO-főtitkár éves jelentésében kinyilatkoztatta, hogy a NATO továbbra is fenntartja nukleáris elrettentőképességét amellet, hogy egyre nagyobb hangsúlyt fektet a hagyományos műveleteinek koherenciájára. A NATO hangsúlyozza a nukleáris elrettentés szükségességét, kifejezve azt is, hogy azok a körülmények, amelyekben esetlegesen használni kell őket, rendkívül távoliak. Tekintve az Egyesült Államok, az Egyesült Királyság és Franciaország független nukleáris képességeit, a NATO azon dolgozik, hogy a szövetségesek minél szélesebb körű részvételt érjenek el a Szövetség nukleáris elrettentésében.³⁹

³⁸ Camille Grand: Nuclear Deterrence and the Alliance in the 21st Century. *NATO Review*, 2016. július 4.

³⁹ NATO: *The Secretary General's Annual Report 2018*. 2019. március 14.

1.2.5. Az Egyesült Királyság önálló elrettentési politikája

Az Egyesült Királyság elkötelezett a nukleáris fegyverek nélküli világ kialakításának hosszú távú célja mellett, az atomfegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló szerződésben foglalt kötelezettségeinek megfelelően. A védelmi politikája szerint ugyanakkor a nukleáris fegyverek továbbra is a védelmi képesség szükséges elemei, amivel el lehet hárítani az atomfegyvereket birtokló államok fenyegetéseit – a hagyományos erőket nem tartja képesnek ugyanolyan elrettentő hatásra.⁴⁰

Az Egyesült Királyság kormánya a nukleáris elrettentés szükségessége kapcsán kifejezte aggodalmát afelől, hogy Oroszország – bár nagyon valószínűtlennek ítélik meg a szakértők – kísértést érezhet a NATO szövetségeseivel szembeni agresszív fellépésre.⁴¹

A nukleáris elrettentést biztosító képességről való lemondás is veszélyeztetné a jelenlegi biztonsági helyzetet, ám önmagában nem elegendő a nukleáris fegyverek pusztá léte, azok sebezhetetlenségét is biztosítani kell. A brit kormány hivatalos kiadványa egyértelműen megfogalmazta azt, hogy a nukleáris elrettentőképesség elvetése aláásná az Egyesült Királyság és a szövetségeseik biztonságát. Olyan sebezhetetlen és detektálhatatlan rendszer szükségessége fogalmazódik meg, amely lehetővé teszi a minimális hiteles elrettentés fenntartását. A „nukleáris fegyverekkel nagyobb biztonságban vagyunk, mint nélkülük” érvelés szintén ismeretes az atomhatalmak részéről.

Az Operation Relentless kódnevű tengeri elrettentést (*Continuous at Sea Deterrent*, CASD) minimális, hiteles és független visszatartó erőnek minősíti az Egyesült Királyság, amelynek vezetési és irányítási rendszere (C2) teljesen független, és a csapásmérő döntéshozatali rendszere teljes mértékben az Egyesült Királyság és annak politikai ellenőrzése alatt áll. Az Egyesült Királyság 1962-ben nyilvánította ki szerepvállalását a nukleáris elrettentésben a NATO oldalán, hozzájárulva ezzel a kollektív euroatlanti biztonsághoz. A Polaris program keretében hadrendbe állított négy Resolution-osztályú tengeralattjáró 1969 és 1996 között állt szolgálatban, és a Polaris nukleáris rakétarendszert hordozták. Ezeket a platformokat váltották le a Vanguard-osztályú tengeralattjárók, a Trident stratégiai

⁴⁰ UK Government: *The United Kingdom's Future Nuclear Deterrent: 2018 Update to Parliament*. 2019.

⁴¹ UK Government: *The United Kingdom's Future Nuclear Deterrent: 2016 Update to Parliament*. 2016.

nukleáris rakétarendszerrel a fedélzetükön, amelyek közül az első 1992-ben kezdte meg működését.⁴²

A Dreadnought-osztály várhatóan a 2030-as évek elején fog szolgálatba állni, folytatva a jövőben is a nukleáris elrettentés (CASD) láncolatát, amelynek fenn tartása és fejlesztése egyébként rendkívüli költségekkel jár.

2014 decemberében az Egyesült Királyság és az Egyesült Államok megújította az 1958-ban kötött kölcsönös védelmi megállapodásukat (*Mutual Defence Agreement*), amely lehetővé teszi a felek közötti védelmi célú nukleáris együttműködést, így a hasadóanyag, a technológia és az információk cseréjét a két állam között. Ez alapján az Egyesült Királyság jelentősen csökkentheti a meglévő képességek fenntartásának költségeit, miközben továbbra is fenntartják a független nukleáris elrettentő erőt.⁴³

A független brit nukleáris elrettentési képességet biztosító tengeralattjáró-flotta fenntartása mellett gyakorta elhangzó érv, hogy a rövid és közepes hatótávolságú repülőgépek vagy rakéták nem rendelkeznek megfelelő hatótávolsággal, és nagy a kitétségük megelőző csapással vagy a légvédelmi rendszerekkel szemben, illetve az is, hogy nem valószínű, hogy lesz olyan radikális technológiai áttörés, amely lényegesen csökkentheti a tengeralattjárók jelenlegi előnyeit.⁴⁴

1.2.6. Oroszország és az USA fegyverkezési versenye

A 21. század második évtizedére egy új hidegháború bontakozott ki az USA és Oroszország között, amely negatívan érintette a kétoldalú fegyverzetkorlátozási megállapodásokat is. Az Egyesült Államok kilépése a rakétaelhárító védelmi rendszereket korlátozó (*Anti Ballistic Missile*, ABM) szerződésből már ebbe az irányba mutatott, de különösen az, hogy elhatározták egy átfogó rakétarendszer kiépítését, amelynek egyes elemeit az európai szövetségesek (Csehország, Lengyelország) területén helyezik el.⁴⁵

Putyin elnök erre reagálva kijelentette, hogy ez orosz biztonsági érdekeket sért, és fenyegetettségét folyamatosan hangoztatva igen aktív nukleáris fejlesztés

⁴² UK Ministry of Defence: *Continuous at Sea Deterrent 50: What You Need to Know*. 2019. május 3.

⁴³ UK *Mutual Defence Agreement*. Washington, 1958. július 3.

⁴⁴ UK Government (2019): i. m.

⁴⁵ Kővári László: Az amerikai–orosz fegyverzetkorlátozási, illetve -csökkentési megállapodások helyzete és perspektívája. *Honvédségi Szemle*, 147. (2019), 5. 102–113.

tésbe kezdett. A 2010-es évektől nukleáris retorikája már a hidegháborús éveket idézi.

Oroszország mintegy 2000 nukleáris fegyverének modernizálását kezdte meg, beleértve azok szárazföldi, tengeri, valamint légi indítását lehetővé tevő fejlesztéseket. A nem stratégiai nukleáris fegyverzetet (harcászati, hadműveleti), valamint az azokat alkalmazó erőket tekintve Oroszország határozott előnnyel rendelkezik az USA és szövetségeseivel szemben. Ezek a fegyverek kívül esnek a START-egyezmények látóterén, és az INF-szerződés meghiúsulása miatt jelenleg gyártásuk és alkalmazásuk ellenőrizetlennek tekinthető.

Az Észak-Korea és Oroszország által – nukleáris képességű erők részvételével – végrehajtott, támadó műveleteket is magukban foglaló gyakorlatok és hadijátékok hatására az Egyesült Államoknak át kellett értékelnie, hogy miként lehet a legjobban elrettenteni az ellenfeleket, s hogy az amerikai nukleáris erőknek ebben milyen szerepet kell játszaniuk, illetve hogyan kell ezeket az erőket egyesíteni a hadsereg más képességeivel a megfelelő elrettentő erő bemutatása érdekében. Egyes vélemények szerint az Egyesült Államoknak túl kell lépnie azon az elgondoláson, amely a nukleáris képességű erőket háttérbe szorítja. A nukleáris erők ellenfelek általi használatának vagy alkalmazásának megakadályozására szolgáló cselekvési irányokat nem szabad a válságok vagy konfliktusok kezdetére vagy végére korlátozni.⁴⁶

A taktikai fegyverek gyártásának újraindítása és bevezetése jól láthatóan egy fegyverkezési spirált indított be az elmúlt években. A harcászati nukleáris fegyverek rendszeresítésével szembeni fő aggodalom, hogy ezzel a nukleáris alkalmazási küszöb alacsonyabb szintre kerül. Az effajta félelmekre reagáló érvek gyakran hangsúlyozzák például, hogy a kettős rendeltetésű repülőgépek által hordozott, nukleáris töltettel rendelkező B61-es bombák valójában nem taktikai fegyverek, mivel stratégiai célt szolgálnak: egy nagyobb hagyományos vagy nukleáris háború elrettentését.⁴⁷

A NATO a biztonság fenntartásához szükséges legalacsonyabb szinten tartja a nukleáris erőit, és teljes mértékben elkötelezett a fegyverek ellenőrzése, a leszerelés és a fegyverek elterjedésének megakadályozása mellett. A hidegháború csúcspontja óta egyoldalúan több mint 90%-kal csökkentette szárazföldi nukleáris fegyverkészletét, vagyis az Európában elhelyezett atomfegyverek számát. Mivel a fegyverzet-ellenőrzés és a leszerelés terén elért előrelépésnek

⁴⁶ Peters–Anderson–Menke (2018): i. m.

⁴⁷ Grand (2016): i. m.

figyelembe kell vennie az aktuális nemzetközi biztonsági környezetet, a 2016-os varsói csúcstalálkozón a NATO vezetői felismerték, hogy a további leszerelés feltételei kedvezőtlenek, tekintettel Oroszország elmúlt években tapasztalható agresszív fellépésére és katonai fejlesztéseire. A 2018. évi brüsszeli NATO-csúcstalálkozón az állam- és kormányfők ismét megerősítették a NATO hosszú távú elkötelezettségét a nukleáris fegyverek megtartása mellett, kijelentve, hogy „mindaddig, amíg atomfegyverek léteznek, a NATO továbbra is nukleáris szövetség marad”.⁴⁸

1.3. Tömegpusztító fegyverek

A tömegpusztító fegyverek kifejezés egy gyűjtőfogalom. Olyan fegyverfajták tartoznak ide, amelyek az azonos körülmények között alkalmazott hagyományos fegyverekhez képest, viszonylag rövid idő alatt, jóval nagyobb pusztító hatást tudnak kifejteni a személyi állományra, a harci-technikai eszközökre és a különböző objektumokra.

A tömegpusztító fegyverek közé jelenleg az atomfegyvereket, a biológiai fegyvereket és a vegyi fegyvereket soroljuk. A különböző gyűjtőfegyverek a hagyományos és a tömegpusztító fegyverek határterületén helyezkednek el.

A tudomány és technika fejlődésével nem zárható ki, hogy újabb fegyverek, fegyverrendszerek léphetnek be a tömegpusztító eszközök körébe, ezért jóval körülhatároltabb az atom-, biológiai és vegyi fegyverek megnevezés használata.

1.3.1. Nukleáris fegyverek

Az atomfegyver korunk leghatásosabb tömegpusztító fegyvere, amelynek működése az atommagokban rejlő hatalmas magenergiák felszabadításán alapszik. Az atomfegyverrel kapcsolatos kutatások az 1940-es években kaptak erőre, hiszen az ezt közvetlenül megelőző időszakban születtek meg azok a felfedezések a magfizika területén, amelyek lehetővé tették a magenergiák gyakorlati kiaknázását.

Atomfegyvernek azt a tömegpusztító fegyvert nevezzük, amelynél a pusztító hatást a magfizikai reakciók (maghasadás, illetve magegyesülés) során

⁴⁸ NATO (2019. június 8.): i. m.

felszabaduló energia képezi. Az atomfegyver elnevezés magában foglalja az atomtöltetű harci fejek alkalmazási eszközeit is.⁴⁹

A jelenleg rendszerben tartott nukleáris támadó eszközök pusztító hatóerejét két típusú atommag-reakció, illetve azok kombinációja biztosítja:

- a nehéz elemek atommagjainak hasadási reakciója (urán-233, urán-235, plutónium-239);
- a könnyű atommagok nehéz atommaggá történő egyesülése (hidrogén).

1.3.1.1. Magreakciók

A maghasadás

A maghasadás (fisszió) során nehéz radioaktív elemek atommagjainak időben roppant gyors osztódási reakciója megy végbe kisebb tömegű atommagokat eredményezve, ami a spontán radioaktív bomlásnál jóval nagyobb energiafelszabadulással jár. A mesterséges hasadások nagy energiájú neutronokkal válthatók ki, és a folyamat során szintén neutronok keletkeznek, amelyeket felhasználva a hasadási reakció továbbvitelére láncreakció fejleszthető. Ennek feltétele, hogy a keletkezett neutronok egyre több atomot tudjanak hasítani.

A láncreakció folyamata

A láncreakció egyik feltétele, hogy a maghasadáskor keletkező minden 2-3 neutron közül legalább egy újabb hasadást eredményezzen. Ezt a feltételt a neutronok sokszorozási együtthatójával fejezzük ki. A neutronok sokszorozási együtthatója (k) a további maghasadást okozó neutronok és azon atommagok számának viszonya, amelyek hasadásakor a láncreakciót biztosító neutronok felszabadultak.

$$k = \frac{\text{keletkezett hatásos neutronok}}{\text{hasadást kiváltó neutronok}}$$

⁴⁹ Simon Ákos: *Az atomfegyver (atomreaktorok)*. Budapest, BJKMF, 1992.

Ha $k = 1$, akkor minden hasadó atommag egy olyan másodlagos neutronot sugároz ki, amely új hasadást indukál. Olyan reakció tehát, amelyben az egymást követő generációkban a neutronok száma állandó marad. Ilyen sokszorozási tényezővel üzemelnek az energiatermelő reaktorok. A $k = 1$ neutronsokszorozási együtt-
hatóval jellemezhető rendszert kritikus rendszernek nevezzük.

Ha $k > 1$ esetén minden hasadó atommagra egynél több olyan neutron jut, amely további hasadást eredményez. Ilyen körülmények között a láncreakció sebessége fokozódik. Az ilyen folyamat szabályozás nélkül robbanáshoz vezet. Ezt alkalmazzák a nukleáris lőszerekben. Az olyan rendszert, amelyben az egymást követő generációkban a keletkező neutronok száma emelkedik, szuperkritikus rendszernek nevezzük.

Ha $k < 1$, a láncreakció gyorsan lefullad. A magreakció ilyen vezérlését az előzőleg nagy sebességű hasadási láncreakció lassítására alkalmazzák. Az olyan rendszert, amelyben az egymást követő generációk során a keletkező neutronok száma csökken, így a láncreakció nem folytatódik (leáll), szubkritikus rendszernek nevezzük.

A maghasadás során adott számú hasításra képes neutron keletkezik, így azok számának növeléséhez a hasadóanyag akkora tömegét kell felhalmozni a fegyverben, amely biztosítja azt, hogy a sokszorozási tényező meghaladja az egyet, így a rendszer szuperkritikussá válik.⁵⁰

A láncreakció fontos feltétele ezért a megfelelő tisztaságú, kritikus tömegű hasadóanyag.

A nukleáris fegyverek szempontjából – a hasadóképes izotópok közül – a legnagyobb jelentőségű az ^{235}U , a ^{239}Pu , a ^{241}Pu és az ^{233}U . Ezek az izotópok – meghatározott energiájú termikus neutronok hatására – könnyen hasadnak, és képesek önmaguk fenntartani a hasadás folyamatát. Ezek közül a leggyakoribb az ^{235}U alkalmazása. A természetben található uránércben azonban igen kevés az ^{235}U -izotóp, ezért a működés szempontjából kívánatos arányban való felhalmozása igen bonyolult és költséges eljárásokat tesz szükségessé. A ^{239}Pu és az ^{233}U a ^{232}Th -ből, a ^{241}Pu és a ^{239}Pu -ból atomreaktorokban, neutronokkal történő besugárzás útján előállítható.

A természetben nagy koncentrációban előforduló ^{238}U csak gyors neutronok hatására hasad. A természetes urán 99,3%-a ^{238}U -; 0,7%-a ^{235}U - és 0,006%-a ^{234}U -izotóp.

⁵⁰ Erdős József – Ordasi István – Sztanyik László: *Az atomfegyver felépítése, pusztító hatása és az ellene való védekezés*. Budapest, 1963.

A magegyesülés

A magegyesülés (magfúzió) az atommagokban rejlő energia mesterséges felszabadításának másik módja.

A magfúzió során a könnyű elemek atommagjai, külső energia hatására, nehezebb atommagokká egyesülnek, és új, nagyobb tömegszámú elemek jönnek létre.

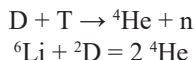
A könnyű elemek atommagjainak egyesüléséhez le kell küzdeni a Coulomb-féle taszítóerőket, amelyek az azonos töltésű részecskék között hatnak. A magokat olyan távolságra kell egymáshoz közelíteni, amelyen belül hatni kezdenek a magi vonzóerők, amihez azt kell megvalósítani, hogy olyan közel kerüljenek egymáshoz, hogy a közöttük levő távolság ne legyen nagyobb a magon belüli vonzóerők sugaránál (10^{-13} cm). Az atommagok közelítését azonban a közöttük fellépő elektromos taszítóerő akadályozza. A magfúzióhoz szükséges energiát kötési energiának nevezzük. Nagysága egyenesen arányos a kölcsönhatásba lépő atommagok töltésének szorzatával, ezért a legkönnyebb atommagokkal valósítják meg a magfúziót. (Például a hidrogén, deutérium, trícium vagy a lítium izotópjából.)

Ahhoz, hogy a fúziós reakció lejátsszódhasson, a két atommagot akkora energiával kell egymáshoz közelíteni, hogy a köztük létesülő erős magerők legyőzzék az elektromos taszítást.

A folyamat létrehozásához a magas hőmérséklet mellett az atommagok nagy koncentrációjára van szükség. Minél nagyobb az atommagok koncentrációja, annál nagyobb az atommagok összeütközésének valószínűsége.

A folyamatot hatalmas energiaszabadulás kíséri, amelynek forrása (akár csak a maghasadás esetén) az, hogy a keletkezett termékek össztömege kisebb a kiindulási anyagokénál, s a tömeghiánnyal egyenértékű energia szabaddá válik.

Az atomfegyverekben a fúziót hidrogénizotópokkal (deutériummal és tríciummal) vagy valamelyik hidrogénizotóp (általában a deutérium) és a lítium elegyével valósítják meg:



A fúziós töltet anyagai (az első fázis által szolgáltatott külső energia hatására) héliumatommagokká egyesülnek. Egy kilogramm tömegű fúziós anyag átalakulása körülbelül 80 ezer tonna trotil robbanási energiájának felel meg.⁵¹

1.3.1.2. Egyfázisú atomlőszerek

Az egyfázisú atomlőszerek nukleáris töltete hasadóanyagból (^{235}U , ^{239}Pu vagy a kettő kombinációjából), neutron-visszaverő rétegből és neutronforrásból áll.

A hasadóanyagot a robbantás pillanatáig kritikus alatti tömegben kell tartani. A kritikus tömegen aluli hasadóanyag kritikus tömeggé történő egyesítésének módszerétől függően megkülönböztetünk osztott töltetű és implóziós elven működő fegyvereket.

Az osztott töltetű egyfázisú lőszerekben a hasadóanyag két vagy több kritikus tömeg alatti résztöltetből áll, amelyeket összelőnek hagyományos robbanóanyaggal. Előnyeik közé sorolható a viszonylag egyszerűbb felépítés és a kis tömeg, legfőbb hátrányuk az alacsony hatásfok, azaz a láncreakcióban a hasadóanyagoknak csak kis százaléka vesz részt.

Az implóziós egyfázisú lőszereknél a kritikus állapotot a hasadóanyag hirtelen összesűrítésével érik el. A kritikus tömeg a hasadóanyag sűrűségének növelésével csökkenthető. A hasadóanyag kritikus tömege a sűrűségének négyzetével fordítottan arányos. A fémek sűrűségének lényeges növeléséhez azonban rendkívül nagy nyomásra van szükség.

A hasadóanyagot egy hagyományos robbanóanyagból készült gömbhéj alatt kéregszerűen helyezik el, a gömbhéj külső felszínére igen sok, sugárirányban elhelyezett detonátort szerelnek. A detonátorok nagy pontosságú egyidejű indításával olyan különleges, a gömb középpontjára koncentrált robbanási hullám alakul ki, amely a hasadóanyagot eredeti sűrűségének 3–10-szeresére préseli össze. Az összenyomott hasadóanyagban igen heves láncreakció indul meg, hiszen az implóziós rendszer állapota a kritikus állapotot sokszorosan túlhaladja, ugyanis a kritikus tömeg a sűrűség növekedésével négyzetes arányban csökken.

Az implóziós atomlőszerek nagyon jó hatásfokkal működnek, ugyanakkora hatáserejű robbanáshoz lényegesen kevesebb hasadóanyagot igényelnek, mint az osztott töltetűek. Hátrányuk a nagy térfogat és tömeg, a szerkezet bonyolultsága és az ezzel járó kisebb megbízhatóság.

⁵¹ Vincze (2000): i. m.

Az atomlőszerekbe a kritikus tömeg csökkentése céljából neutrontüköröt és besugárzó neutronforrást is beépítenek. A neutrontükör csökkenti a magreakció során a rendszerből megszökő neutronok számát, s ezzel növeli a láncreakció hatásfokát.

A besugárzó neutronforrást abból a célból alkalmazzák, hogy a szükséges időpillanatban – nagy intenzitású neutronsugárzást bocsátva a reakcióterbe – elősegítse a láncreakció megindulását, és gyorsítsa annak lefolyását.⁵² A kétfázisú atomtöltetek belső szerkezete két fő részből épül fel: az indító első fázist a már megismert egyfázisú (implóziós vagy osztott töltetű) nukleáris szerkezet alkotja, ezt veszi körül az úgynevezett fúziós vagy termonukleáris töltet.

A magfúzió alapuló atomfegyverekben a magas hőmérsékletet a nehéz atommagok hasadási láncreakciójával hozzák létre. Ilyen esetben tehát egy maghasadási atomlőszert a termonukleáris reakció beindításához detonátorként alkalmaznak.

A könnyű atomokból (deutérium, trícium, lítium) álló fúziós töltetben a magegyesülés az egyfázisú robbanószerkezetből felszabaduló energia hatására indul meg. Mivel a kétfázisú atomlőszerek hatóereje döntően a fúziós töltet tömegétől függ, ezért a kétfázisú rendszer igen nagy hatóerejű, több megatonnás fegyverek előállítását is lehetővé teszi.

A neutronfegyver kis hatóerejű, harcászati rendeltetésű, kétfázisú atombomba volt. Elsősorban a keleti blokk páncélozott erői elleni küzdelemre fejlesztették ki az éles szembenállás időszakában. A kis hatóenergiájú atomrobbanófej energiafelhasználása az áthatoló sugárzás irányába eltolódik, a más hatások rovására. Ennek következtében az áthatoló sugárzás pusztító hatása nagyobb körzetben érvényesül, mint a lököhullámé.

A neutronfegyvert azonban eleve megváltoztatott energiafelhasználásának tervezték, hogy a neutronsugárzás hatása domináljon.

A háromfázisú nukleáris fegyverek fúziós töltetét egy ^{238}U -ból készült köpennyel borítják. Az ^{238}U -ból képzett külső burok, amelynek atommagjai a termonukleáris reakció révén felszabaduló, mintegy 14 MeV energiával rendelkező neutronok hatására indulnak hasadásnak – ez az összetett töltet hatóerejét rendkívüli módon megnöveli –, az atomlőszer robbanásakor felszabaduló összes energia 80%-át képezi. A háromfázisú atomfegyverek hatóenergiája több száz megatonna is lehet.

⁵² Havai (1998): i. m.

1.3.1.3. A nukleáris robbanás

Az atomfegyverek robbanásakor felszabaduló energia hatására az atomlőszerek köpenye és az egész nukleáris szerkezet a másodperc töredéke alatt plazma-állapotú, izzó gáztömeggé alakul át.⁵³

A robbanás középpontjában a hőmérséklet körülbelül 30 millió °C, a nyomás eléri a 15 ezer bart.

Ez a rendkívül magas hőmérsékletű izzó gömb, az úgynevezett *tűzgömb* – a föld alatti és a víz alatti atomrobbantások kivételével, ahol is a tűzgömb nem látható – az atomrobbanások egyik legjellemzőbb kísérőjelensége.

A tűzgömb a forrása a hő- és fénysugárzásnak, az áthatoló, más elnevezéssel kezdeti radioaktív sugárzásnak. A tűzgömb hirtelen kiterjedése okozza a környezetben létrejövő romboló lökéshullámot, s végül a kihűlt tűzgömbből és a felemelt poroszlopból képződő igen jellegzetes, gomba alakú atomrobbanási felhőből származik döntő mértékben a környezet radioaktív szennyezettsége.

A tűzgömbön kívül az atomrobbanások további külső ismertetőjele a rendkívül erős, éles dőrej, a léglökési hullám, a robbanás helyén képződő tölsér, a kialakuló gomba alakú robbanási felhő, víz alatti robbantásoknál a függőlegesen feltörő gőzoszlop.

Ezek a külső ismertetőjelek legdöntőbb mértékben attól függnek, hogy a robbanás a föld vagy a víz felszínéhez képest hol következik be.

Az atomrobbanás pusztító tényezői a következők:

- a hő- és fénysugárzás;
- a lökő-szívó hatás (detonáció), vagyis a légköri hullám;
- az áthatoló (kezdeti) radioaktív sugárzás;
- az elektromágneses impulzus;
- a visszamaradó radioaktív sugárzás.

Az egyes pusztító tényezők százalékos megoszlása az összesen felszabaduló pusztító energiához képest a hatóerőtől, a robbantási módtól és az atomfegyver típusától függ (vagyis egy-, két- vagy háromfázisú, illetve irányított hatású vagy sem).

Az atomrobbanás során felszabaduló energiát trotillegenértékben fejezzük ki. 1 kilotonna (kt) a hatóenergiája annak az atomrobbanásnak, amelynek hatóenergiája megegyezik ezer tonna hagyományos robbanóanyag (trinitro-toluol)

⁵³ Simon (1990a): i. m.

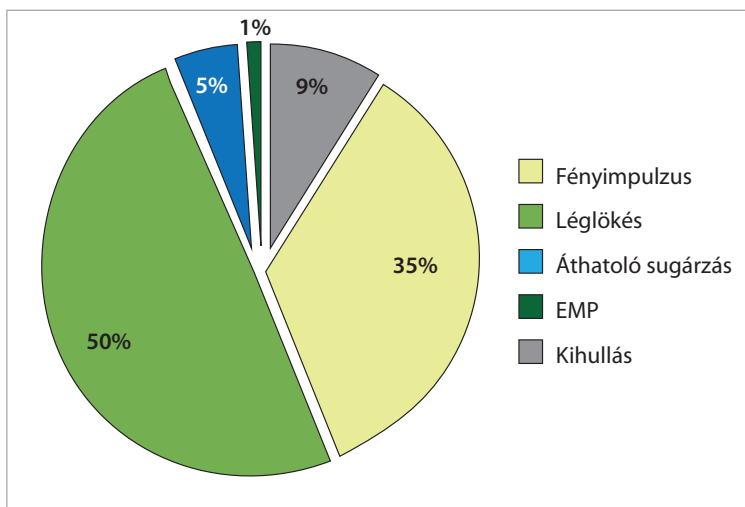
felrobbantásakor felszabaduló energiával. Az atomfegyvereket hatóenergiájuk alapján a következő kategóriákba soroljuk:

1. táblázat: Az atomfegyverek hatóenergia alapján történő csoportosítása

Atomfegyver-kategória	Felszabaduló hatóenergia
Mikro hatóerejű atomfegyverek	0 kt – 1 kt
Kis hatóerejű atomfegyverek:	1 kt – 10 kt
Közepes hatóerejű atomfegyverek	10 kt – 100 kt
Nagy hatóerejű atomfegyverek	100 kt – 1 Mt
Igen nagy hatóerejű atomfegyverek	1 Mt felett

Forrás: Simon (1992) alapján a szerző szerkesztése

Egy közepes hatóerejű (10 kt és 100 kt közötti) légi atomrobbantás energiamegoszlása a következő:



1. ábra: Az atomrobbanásakor felszabaduló energia megoszlása

Forrás: Erdős et al. (1963) alapján a szerző szerkesztése

Hő- és fényimpulzus

Az atomrobbanás hő- és fénysugárzása a robbanás centrumából kilépő – és a tér minden irányában fénysebességgel terjedő – elektromágneses energia, amely körülbelül 99%-ban látható fény, illetve infravörös (hő) sugárzásból, 1%-ban pedig ibolyántúli sugárzásból áll.

A hő- és fénysugárzás forrása a tűzgömb, így ennek a pusztító tényezőnek a *közvetlen hatásával* a tűzgömb élettartama (az úgynevezett *világítási idő*) alatt kell számolnunk, ami kis és közepes hatóerők esetén néhány másodperc, nagy hatóerőknél néhány perc.

A robbanást követő milliomodmásodpercen belül a magreakciók következtében felszabaduló kötési energia nagy része hővé alakul, a lőszertest maradványai a környező anyagok molekuláival együtt izzó plazmává alakulnak át. A több 10 millió °C hőmérsékletű gáztömeg tűzgömb formájában – mint világító test – óriási mennyiségű energiát sugároz ki. Ez az energia a levegőben elnyelődve, átalakulva a levegő részecskéinek mozgási energiájává, alapját képezi a robbanáskor képződő túlnyomás kiterjedésének, azaz a lökeshullámnak.

A tűzgömb térfogata aztán nagymértékben növekszik, hőmérséklete pedig csökken, mintegy 300 ezer °C -ra. A tűzgömb tágulása olyan gyors, hogy a kezdetben maga mögött hagyja a lökőhullám frontját, ami a táguló tűzgömb felszíne mögött marad. A tűzgömb ebben a fázisban az összenergia mintegy 1%-át sugározza ki, főleg UV-tartományban. A táguló tűzgömb egyre nagyobb térfogatában eloszló energia a hőmérséklet csökkenését eredményezi. A tágulás sebessége az idő előrehaladtával egyre csökken, majd egy ponton a lökőhullám utoléri a tűzgömb felszínét, majd meg is előzi azt. A lökőhullám frontjában uralkodó hatalmas túlnyomás következtében összenyomódik az izzó levegő. Ekkor két sugárzó felület figyelhető meg: a belső, magasabb hőmérsékletű izotermikus gömb felülete, valamint a nyomáshullám által felhevített levegőből álló külső réteg.

Az alacsonyabb hőmérsékletű külső réteg leginkább a látható fény tartományában emittál, így fényesebb fénysugárzást bocsát ki. Amikor a kilépő lökőhullám elhagyja a tűzgömböt, annak felületi hőmérséklete csökkenni kezd, aminek a tűzgömb magasabb hőmérsékletű belsejéből irányuló kiegyenlítődése figyelhető meg, újra megemelve a tűzgömb felületének hőmérsékletét, majd újra csökkenni kezd a hőmérséklet, és a tűzgömb elhalványul. Ebben a fázisában,

a tűzgömb kihűléséig az energia 99%-át sugározza ki a látható fény tartományában, aminek a korábbiánál jóval nagyobb a gyújtóhatása.⁵⁴

A fény- és hőenergia valamely objektum, tárgy felületével történő találkozásakor részben vagy teljesen elnyelődik, visszaverődik, illetve ha az anyag fényáteresztő, akkor áthatol rajta. Az elnyelődött energia hatására az anyagok felhevülnek, deformálódnak, megolvadnak, lángra lobbannak vagy elszenesednek, nagy kiterjedésű harctéri tüzek keletkeznek, az élőerőnél különböző súlyosságú égési sérülések, ideiglenes vagy végleges vakság lép fel.

Ez a „villanófényvakság” a szemben található fényérzékelő receptorok pigmentjeinek átmeneti kiürülése miatt nappal ideiglenes, pár másodperces látáskiesést eredményezhet 1-2 perces utóhatással. Éjszaka azonban, tág pupillával, jóval nagyobb távolságon vagy kisebb energiájú fényimpulzus esetén is akár hosszabb ideig fennmaradó vakság alakulhat ki.⁵⁵

Az égési sérülések foka – több más tényező mellett – a bőrfelületen elnyelődött fényimpulzus nagyságától függ. A fénysugárzás elnyelődésének mértékét több más tényező mellett a ruházat elnyelőképessége határozza meg, a világos részek visszaverik, a sötétebbek pedig elnyelik a fénysugarakat, így a kialakuló égési sérülés gyakorlatilag a ruha mintázatának lenyomata.

Mivel a tűzgömbből kiinduló fényimpulzus energiája gömbfelületen oszlik meg, és a gömb felülete sugarának négyzetével arányos, a fénysugárzás energiája a távolság négyzetével fordított arányban csökken.

Kezdeti áthatoló sugárzás

A nukleáris légi robbantás során felszabaduló energia mintegy 5%-át kitevő áthatoló radioaktív sugárzás – más kifejezéssel kezdeti radioaktív sugárzás – az atomrobbanás centrumából a robbanás pillanatától a tűzgömb élettartama alatt kilépő, a tér minden irányában fénysebességgel terjedő gamma- és neutronsugárzás. A neutronsugárzás a maghasadási (fissziós) és magegyesülési (fúziós) reakciók eredménye, a gamma-sugárzás forrása pedig a magfolyamatokon kívül a rövid életű, nagy aktivitású hasadványtermékek radioaktív bomlása, valamint a neutronok kölcsönhatása a levegő atomjaival. Az áthatoló sugárzás forrásaiként tár-

⁵⁴ Kézikönyv az ABV-védelmi műveletek egészségügyi vonatkozásairól (nukleáris). MH Dr. Radó György Honvéd Egészségügyi Központ, 2010.

⁵⁵ Havai (1998): i. m.

gyalt magfolyamatok, valamint a neutronsugárzás és a levegő kölcsönhatásának radioaktív sugárzása a másodperc töredéke alatt érvényesül, a rövid életű hasadványtermékek bomlásából származó sugárzás hatásideje másodpercekig (15–25 s) is eltarthat.

Az áthatoló sugárzáson belül a gamma- és a neutronsugárzás egymáshoz viszonyított aránya a hatóerő, a robbantási mód és az atomfegyver típusa függvényében széles határok között változik. A nem irányított hatású, közepes hatóerejű atomfegyver esetén a gamma-sugárzás, míg a mikro hatóerejű szelektív atomfegyvereknél (neutronfegyvereknél) a neutronsugárzás a meghatározó. A robbantás közeli körzetében a neutronfluxus nagyobb a gamma-sugárzásnál, amely különbség az epicentrumtól mért távolság növekedésével csökken, majd megfordul az arány, és az áthatoló sugárzás neutronkomponense elhanyagolhatóvá válik a gammához viszonyítva.

Az áthatoló sugárzás kölcsönhatásba lépve a környezetet alkotó anyaggal, az általa hordozott energiát ekkor leadja az anyagban. Az emberi szervezetben elnyelt sugárzás energiája egészségkárosító hatású. Az egészségkárosodás lehet nagy dózis hatására létrejövő sugárbetegség, illetve kis dózisok hatására évek múlva kifejlődő, valamilyen statisztikai valószínűséggel kialakuló károsodás (például daganat).⁵⁶ A kezdeti áthatoló sugárzás szintén – a fénysugárzás energiájához hasonlóan – a távolság négyzetével fordított arányban csökken.

Lökőhullám

Az atomrobbanás során keletkező energia erősen felmelegíti a robbantás közvetlen környezetét, és hatalmas nyomás alakul ki. A gáz dinamikus kiterjedésének egy fázisában, a centrumtól nagy sebességgel távolodó összenyomott levegő leszakadva a tűzgömből, a robbantás körzetében a talaj felszínén egy összetett nyomásváltozást hoz létre, amelyet léglökési hullámnak szokás nevezni. A léglökési hullám összetevői: a légnyomáshullám, a légritkulási hullám és a nagy sebességgel áramló levegő dinamikájából adódó torlónyomás. Bár a léglökési hullámot a homlokában lévő légnyomással szokás jellemezni, tudni kell, hogy ez időben változó iránnyal és nagysággal jelentkező dinamikus terhelés, amely lényegesen pusztítóbb a szimpla légnyomásnál.

⁵⁶ Kovács Tibor: *Sugárvédelem*. Főiskolai jegyzet. Budapest, BJKMF, 2002a.

A léglökési hullám a robbanás középpontjából a tér minden irányába, kezdetben a hangsebességnél nagyobb sebességgel terjedő összenyomott levegőfront, amelyet számszerűen a levegőfront sebességével és túlnyomásával jellemzünk. A léglökési hullám a földi és az alacsony légi atomrobbantások legfőbb pusztító tényezője. A személyi állomány és a harci-technikai eszközök, objektumok sérülése, pusztulása, rongálódása egyrészt *közvetlenül*, a léglökési hullám frontjában uralkodó túlnyomás, másrészt *közvetve*, a léglökési hullám által nagy sebességgel szétrepített szilánkok, omladékok, roncsok hatására következik be. Ez utóbbi, az úgynevezett *repítő hatás* a túlnyomás által veszélyeztetett zónákhoz képest lényegesen nagyobb körzetekben képes sérüléseket, halált, rongálódást okozni.⁵⁷

A robbanás irányába eső emelkedőkön – a lejtőszög függvényében – a túlnyomás a sík terephez képest akár háromszorosára is nőhet, az ellentétes lejtőkön, völgyekben viszont jelentősen csökken.

A műszakilag megerősített erődítményekben vagy páncélozott harcjárművek küzdőtereiben tartózkodó személyzet ugyan védett a fényimpulzus és a nagy sebességű levegőfront repítő hatása ellen, a lökeshullám túlnyomása ellen viszont kevésbé, ugyanis nemcsak képes behatolni ezekbe a terekbe, de a visszaverődések következtében fel is erősödhet azokban. A direkt túlnyomás hatására a tüdő, a gyomor-bélrendszer és egyéb levegővel töltött üreges szervek sérülése, a dobhártya károsodása következik be. A szervezetben kialakuló nagy energiájú nyomáshullámok további károsodást okoznak a lágy-, és nagyobb sűrűségű szövetek találkozásánál (például csont és izom). A lökeshullám repítő hatása még a centrumtól mért olyan távolságokon is jelentős hatású lehet az élő-erőre, amelyen a túlnyomás energiája csekély. Az elsodort áldozatok egyrészt a földhöz, másrészt különböző tereptárgyakhoz csapódhatnak, jelentős magasságokból zuhanhatnak alá halálos sérüléseket elszenvedve.

A rombolódás következtében meglazult és a lökeshullámmal sodródó tárgyak kinetikus energiájának, anyagának és alakjának hatása a lökeshullám szilánkhatása. Ez a repeszhatású fegyverekhez hasonló sérüléseket eredményez.⁵⁸

Föld- és vízfelszíni, valamint vízfelszín alatti robbantások esetén a robbanásakor felszabaduló energia egy része rengéshullámok formájában terjed. A földi robbantás esetén az epicentrumban a talajon kráter alakul ki, amelynek méretét a lőszer hatóenergiája, valamint a talaj szerkezete határozza meg. A pusztító hatás nagyobb részéért a társuló léglökési hullám a felelős. Föld alatti robbantásnál

⁵⁷ Havai (1998): i. m.

⁵⁸ Simon (1992): i. m.

képződő kráter kis mélységű robbantás esetén az anyag detonáció általi kivetődése, mély robbantás esetén pedig a keletkező üreg beomlása következtében alakul ki. Mivel a földrengéshullámban a túlnyomás rohamosan csökken a távolsággal, a rengés pusztító hatása a robbanáshoz közeli körzetekre korlátozódik. A vízi és víz alatti robbantások felszín alatti lökéshulláma jóval pusztítóbb, mert a víz sűrűsége és összenyomhatatlansága miatt a nyomáshullám ebben a közegben nagyobb csúcserőket és terjedési sebességet ér el.

A nyomáshullám terjedési sebessége is körülbelül ötszöröse a lökéshullám légköri terjedési sebességének. Bár a robbanási energia nagyobb része a vízben terjed, jelentős mennyiség adódik át a felszínen keresztül a levegőnek tipikus léglökési hullám formájában.

Elektromágneses impulzus (EMI)

Az atomrobbanásokat minden esetben igen erős elektromágneses impulzusok kísérik, amelyek hatása leginkább a villámcsapások körzetében fellépő elektromos-elektromágneses jelenségekhez hasonlítható. Az atomrobbantás elektromágneses impulzusának az oka az elektronoknak a gamma-sugárzás okozta – a sugárzás irányával megegyező irányú – áramlása (*Compton-effektus*). Az áramló elektronok a Föld mágneses erővonalai miatt irányukat változtatva időben változó erősségű és irányú mágneses teret hoznak létre. Ez az elektromosan vezető anyagokban elektromos feszültséget indukál, ami elektromos áramot kelt. A robbanás centrumából a tér minden irányában kisugárzó elektromos energia a különböző híradó eszközökben, lokátorokban, antennákban, vezetékekben, a földi vagy légkábelekben több ezer voltos indukált feszültséget hoz létre, amely tönkretelheti a vezetékek szigeteléseit, a híradó eszközök transzformátorait, kondenzátorait, félvezető alkatrészeit, reléit stb. A felhevült alkatrészek éghető részei – például a tokozások, szigetelések – lángra lobbhatnak, s tüzet okozhatnak. Az EMI elsősorban a korszerű, érzékeny áramköri elemeket károsítja. Ilyenek a mikroprocesszorok, integrált áramkörök stb. Az ilyen elemek EMI elleni védelmének költségei maguknak az eszközöknek az árát is elérhetik. Csak a kifejezetten katonai célú eszközök EMI elleni védelme biztosított. A földi robbanásnál indukált EMI mintegy 5–10 km-ig terjedő hatótávolságon belül képes megbénítani az elektromos eszközöket.⁵⁹

⁵⁹ Havai (1998): i. m.

Visszamaradó radioaktív sugárzás

Az atomrobbanások sajátos kísérőjelensége és egyben pusztító tényezője a környezet radioaktív szennyeződése, amelyet más kifejezéssel visszamaradó radioaktív sugárzásnak nevezünk. A visszamaradó radioaktív sugárzás három fő forrásból, a láncreakció során keletkező hasadványtermékekből, a hasadóanyag láncreakcióban részt nem vett hányadából, valamint a neutronsugárzás által kiváltott, úgynevezett indukált radioaktivitásból származik. Atomrobbanás során a láncreakcióban keletkező radioaktív izotópokból, illetve a környezet felaktiválódott anyagaiból erősen radioaktív felhő képződik. A felhő a robbantás módjától, illetve a hatóenergiától függően nagy magasságba emelkedhet fel. A felhőben lévő radioaktív törmelék a diffúzió és a szél hatására a levegőben szétoszlik, és a csapás epicentrumától nagy távolságra juthat el.⁶⁰

A radioaktív részecskék – tömegüktől függően – bizonyos idő elteltével kiülednek a talaj felszínére, illetve csapadék hatására kimosódnak, és az atomcsapás centrumától akár több száz km-es távolságban is szennyezhetik a területet. A sugárszennyezettség komoly veszélyforrást jelent, és hosszú ideig tartó hatást gyakorol a területre. A részecskék kihullásának és a talajfelszínre való kiüledése folyamatának 3 szakasza különböztethető meg. Az azonnali kihullással a nagy tömegű részecskék a csapást követő 1 órán belül kiszóródnak a csapásterületre.

A közepes távolságú kihullással a csapás után 24 órán belül a kisebb radioaktív részecskék a fegyver hatóenergiájától függően több száz vagy ezer négyzetkilométeres területen hoznak létre szennyezett terepszakaszt, aminek a hadműveletekre kifejtett hatása jelentős, hiszen a csapatoknak meg kell kerülniük a szennyezett területet, illetve leküzdése esetén bevezetett védelmi intézkedések keretében többek között egyéni vegyvédelmi védőeszköz felvételét kell a parancsnokoknak elrendelniük.

A távoli kihullás zónájában a kifejezetten apró radioaktív porrészecskék kihullása történik meg, ami nagy hatóenergiájú csapás esetén akár több hónapig vagy évig is eltarthat, és a Föld felületének jelentős részét érintheti. A hadműveletek végrehajtására közvetlenül nem hat, azonban hosszú távú egészségkárosító hatása kimutatható.⁶¹

⁶⁰ Havai (1998): i. m.

⁶¹ *Utasítás a sugárhelyzet értékelésére és a csapatok riasztására.* MH, 2010.

A maghasadás során keletkező hasadványtermékek egy részének felezési ideje rövid, a másodperc töredéke, bizonyos hányadának bomlása viszont hónapokig vagy évekig is eltarthat, gamma- és béta-kibocsátásával hosszú időre sugárveszélyt kialakítva az érintett területen.

A nukleáris fegyverek hasadási fázisának gyenge hatásfoka miatt a robbanásakor szétvetődő hasadóanyag-tartalom jó része is szétszóródik anélkül, hogy részt venne a maghasadási reakcióban. Az így kijutott nukleáris anyag (például ^{235}U) elsősorban alfa-sugárzást bocsát ki, ami mindaddig csekély jelentőségű, amíg nem kerül be a szervezetbe, akkor viszont hatása az élettani folyamatokra kifejezettebb.

Amennyiben a neutronfluxusnak kitett atommagok képesek neutronbefogásra, neutronindukált felaktiválódás következtében radioaktívvá válnak.

A légkör és a terep szennyeződésének mértéke több tényezőtől, így az atomfegyver típusától, az atomfegyver hatóerejétől, robbantási módjától, a terep jellegétől és a meteorológiai viszonyoktól függ.

A legnagyobb fokú visszamaradó radioaktív szennyeződés a föld alatti és a földi atomrobbantásnál keletkezik: azonos hatóerő, atomfegyvertípus, terep- és meteorológiai viszonyok feltételezése esetén.

Az atomrobbanási felhőből kihullott, illetve a robbanás körzetében a felaktiválódásból származó radioaktív termékek alfa-, béta-, gamma- és neutron-sugárzása a személyi állománynál különböző fokú sugárbetegséget, s ezáltal ideiglenes vagy végleges harc képtelenséget, illetve halált okoz.

Különösen súlyos biológiai elváltozásokkal jár, amikor a radioaktív anyagok közvetlenül a fedetlen bőrfelületre jutnak, vagy élelmiszerekkel, vízzel, a belélegzett levegővel a szervezetbe kerülnek.

1.3.1.4. Az atomfegyver robbantási módjai

Az atomfegyver összegzett pusztító hatásának alakulását az alkalmazott fegyver típusa és hatóenergiája mellett jelentősen meghatározza a robbantási mód is. Attól függően, hogy az atomrobbanás centruma a föld vagy a víz felszínéhez képest hol helyezkedik el, megkülönböztetünk földi, vízi, föld alatti, víz alatti és légi atomrobbantást.

Földi robbantás

Földi atomrobbantásnak nevezzük a föld felszínén, illetve a felszíntől olyan magasságban végrehajtott atomrobbantásokat, amelyek során a létrejövő tűzgömb deformálódik, de legalább érinti a föld felszínét. Az atomfegyver robbantása tehát a talaj közelében vagy a talajfelszínen történik. Földi robbantáskor a detonáció által felvert nagy mennyiségű talaj kerül be a radioaktív felhőbe. Ezek a részecskék a neutronindukált aktivációval radioaktívvá válnak. A nagyobb részecskék helyi kihullás formájában mintegy 24 órán belül kiülednek a földfelszínre.

Ebben az esetben mind a neutronindukált sugárzás, mind a kihullás sugárszennyezett terep kialakulását eredményezi. Az indukált radioaktivitást a kihullásból eredő sugárszennyezettség jelentősen felülmúlja.⁶²

Föld alatti robbantás

Föld alatti atomrobbantás esetén a földi robbantáshoz hasonlatos tűzgömb nem észlelhető, és a jellemző felhőképe is eltérő, a robbantás helyén a radioaktív salak nem képez gombafelhőt, hanem legyező alakban szétszóródik. Ez a szabálytalan robbanási felhő sokkal sötétebb színű, mint a földi atomrobbanás gombafelhője. A fénysugárzás, valamint a kezdeti radioaktív sugárzás nagy része elnyelődik a robbanási felhő salak- és földtömegében, azonban a visszahulló radioaktív részecskék a robbanás körzetében a földi robbantásnál kisebb kiterjedésű területen rendkívül erős szennyeződést hoznak létre.

A föld alatti atomrobbanás alapvető pusztító tényezője a környező talajban kiváltott szeizmikus hullám, azaz mesterséges földrengésszerű talajmozgás, a nagy visszamaradó radioaktív sugárzás mellett.

A légi atomrobbantás

A légi robbantásokat általában a nyíltan elhelyezett élőerő és harci technika, valamint hevenyészett védelemben levő élőerő megsemmisítésére alkalmazzák. Légi atomrobbantás esetében a kialakuló tűzgömb nem érinti a talaj, illetve a víz

⁶² Havai (1998): i. m.

felszínét. A robbantási magasság és a hatóerő függvényében megkülönböztetünk *alacsony légi, magas légi és magas légköri* atomrobbanásokat.⁶³

Az alacsony légi robbantások tűzgömbje – a földről visszaverődő léglökési hullám hatására – deformálódik, fekvő tojás alakot ölt. A robbantást követő első-második percben a földről felemelkedő poroszlop egyesül a tűzgömbből képződő felhővel, és az így képződő gombafelhő hasonlít ugyan a földi atomrobbanási felhőhöz, színe azonban világosabb, mivel kevesebb feláramoltatott talajrészecskét tartalmaz. Az atomfegyver a felszínen rombolást okoz, de a tűzgömböt nem éri el a föld felszínéről felszívott törmelék.

Az alacsony légi robbantások földfelszíni masszív szerkezetű objektumok, megerősített állások pusztítására alkalmazhatók abban az esetben, amikor nem kívánatos a terep nagy kiterjedésű radioaktív szennyeződése.

Magas légi robbantásoknál a földről felemelkedő poroszlop általában nem találkozik a kihűlt tűzgömb felhőjével. Ez a „kettészakadt”, poroszlopból és fehér fejrészből álló gombafelhő a magas légi robbantások legfontosabb ismertetőjele.

A magas légköri atomrobbanásokat a felszíntől igen nagy, minimálisan 10, de gyakran 25–30 kilométeres magasságokban hajtják végre, elsősorban légi célok (rakéta-robbanófejek, repülők, mesterséges holdak stb.) megsemmisítésére. A nagy magasságokban végrehajtott atomrobbantások hatása a föld felszínén gyakorlatilag elhanyagolható.

Légi robbantások esetén a talajban nem keletkezik tölcser, a terep visszamaradó radioaktív szennyeződése csak a robbanás utáni első néhány órában jelentősebb. Az atomfegyver robbantása nagy magasságban történik, a földfelszíni és légi célok megsemmisülnek, de sem az indukált radioaktivitás, sem a radioaktív részecskék kihullása nem hoz létre sugárszennyezett területet. Légi robbantás után a hasadványtermékek és az el nem hasadt nukleáris anyag, továbbá a fegyver egyéb alkotórészeinek radioaktív gőzei a lehűlést követően igen kis (0,01–20 μm) átmérőjű részecskékké kondenzálódnak, amelyek rövid idő alatt felsodródva szétterjednek a sztratoszférában. A kihullás lassan, hetek, hónapok, esetleg évek alatt fejeződik be globális sugárterhelést okozva. A globális kihullással járó, alapvetően hosszú távú sugárbiológiai kockázatot a sugárszennyezett ivóvízzel és élelmiszerekkel a szervezetbe kerülő és felhalmozódó ^{137}Cs és ^{90}Sr jelenti.

Bár a légi robbantások földfelszíni sugárszennyezése általában elhanyagolható, bizonyos meteorológiai viszonyok – például esőzés – kedvező feltételeket teremthet a helyi kihullás körülményeinek.

⁶³ Simon (1992): i. m.

Vízi és víz alatti robbantás

Olyan, nagy mélységű víz alatti robbantás esetén, ahol a kialakuló tűzgömb a tenger felszínét nem éri el, a hatóenergia nagy része lökéshullám formájában jelentkezik, a kihullás minimális mértékűnek tekinthető. Ha a tűzgömb eléri a tenger felszínét, akkor magas aktivitású vízpárafelhő képződik – nem önmagában a víz jelenti a veszélyt, hanem a vízben oldott anyagok (például NaCl) indukált aktivitása, és a kiszabaduló radioaktív gázok és részecskék aktivitása. A felhő a szél irányába mozogva forrását képezi a kihullásnak, gyakran radioaktív eső formájában, mivel a részecskék többnyire a tengeri sók parányi aeroszolkjai, amelyek kondenzációs magot képezve, felhőképződést indukálva helyi záporokat és ezen keresztül súlyos helyi sugárszennyeződést okozhatnak.

Vízi robbantás során a kihullás jelentős mértékűvé válik, mivel a tűzgömb érinti a tenger felszínét. Ekkor a fentiekhez hasonló jelenség figyelhető meg, azonban a kihullás nagyobb területet érint.

A vízfelszíni robbantásnál a kihullás az epicentrumtól több száz kilométer távolságra tartózkodó hajókat is elérheti.

1.3.1.5. Egyéb radiológiai veszélyek a műveleti területeken

Radiológiai fegyverek

Bár az atomfegyverek definícióját megvizsgálva a radiológiai fegyverek nem tartoznak a nukleáris fegyverek körébe, hiszen hatásukat nem valamely magreakció során felszabaduló energiának köszönhetik, annak ellenére, hogy radioaktív sugárzó anyagot tartalmaznak és az atomfegyverek pusztító tényezői sem figyelhetők meg ezen eszközök hatásait vizsgálva, mégis a témához kapcsolódóan tárgyaljuk egyetlen, a viszonylag kis területen létrehozott sugárszennyezett terület bizonyos mértékű azonosságai miatt.

Radiológiai fegyvernek (*radiological weapon*) minősül minden olyan eszköz (kivéve az atomfegyvereket), amelyet speciálisan arra terveztek, hogy sugárzó anyagokat szórjanak szét, és ezzel károkat, sérüléseket okozzanak.

A radiológiai fegyverek alkalmazásának egyik lehetséges célja, hogy hagyományos robbanóanyag segítségével szórjanak szét sugárzó anyagokat bizonyos területen, amellyel sugárveszélyt és egyben vegyiveszélyt generáljanak a szennyezett térségben tartózkodó katonai állomány számára, és a harctevékenység

hatékonyságát csökkentő védelmi intézkedések megtételére kényszerítsék őket.⁶⁴ Bár egy-egy radiológiai fegyvernek nincs a nukleáris fegyverekkel összemérhető rombolóereje, és sem az okozott sugárveszély mértéke, sem pedig a szennyezett terület nagysága nem elegendő hadműveletek megtorpanására, pszichológiai hatásuk és az ABV-védelmi rendszabályok foganatosítása mégis akadályozhatja a műveleteket.

A II. világháborút követő fegyverfejlesztési célok között szerepelt ugyan a radiológiai fegyver hadszíntéri alkalmazásának kimunkálása, azonban számos körülmény biztosítása nehezítette a rendszerbe állítást. Többek között a célnak számos szempontból egyidejűleg megfelelő rövid felezési idejű hasadóanyag kiválasztása, a tárolás nehézségei, azaz a tömegtermelés és a tömeges felhasználás feltételeinek biztosítása és az ezzel járó költségek nem bizonyultak kecsegtetőnek, tekintve azt, hogy a kívánt hatást kis hatóerejű földi nukleáris robbantásokkal is el lehet érni.

Korlátozott kiterjedésű helyi konfliktusok válsággóccáinak hadszínterein azonban az aszimmetrikus hadviselés tendenciáit és jellemző módszereit tekintve alkalmazásuk nem zárható ki, éppen ezért a védelem kialakítása szempontjából mindenképpen fontos azok ismerete.

A radiológiai fegyverekkel az elkövetők képesek sugárzó anyagokat diszpergálni, és ezzel szennyezést okozni. Ilyen sugárzó anyag kinyerhető az atomfegyverek előállításánál keletkező hasadóanyagból, energetikai atomreaktorok működéséből származó radioaktív hulladékból, kutatóreaktorokból, ipari, mezőgazdasági és egészségügyi célú radioaktív forrásokból. A radioaktív részecskék szétszórását általában hagyományos robbanóanyag robbanása, illetve közvetlen kiszórás, permetezés, illetve szilárd vagy folyékony aeroszol diszperziója biztosíthatja. A sugárzó anyagot szétszóró szerkezeteket ezért radiológiai diszperziós eszközöknek (RDE), angolul *radiological dispersion device* (RDD) nevezzük.

A radiológiai fegyver veszélye az, hogy az ellenség általi alkalmazása után kialakuló helyzetet az atomrobbanás következményeihez hasonlóan kell kezelni. A radiológiai fegyver alkalmazásából származó radioaktív anyagok különféle alfa- és béta-részecskéket, valamint gamma-sugárzást bocsátanak ki. A sugárzó anyagok ugyanolyan hatást gyakorolnak az emberi szervezetre a közvetlen sugárzás, a bőrön áthatoló szennyezés következtében, valamint inkorporálódva, mint a nukleáris fegyverek alkalmazása következtében kihulló radioaktív anyagok. Amíg az atomfegyverek alkalmazásának markánsan megkülönböztethető jegyei

⁶⁴ Havai (1998): i. m.

vannak (lásd: atomfegyver alkalmazására utaló jelek), és így a különböző veszélyek realizálásának lehetősége megadatik, addig a radiológiai fegyverek alkalmazásánál tapasztalt külső jelek – főleg robbantással végrehajtott diszpergálás esetében – semmiben nem különböznek például egy pokolgépes robbantástól. Így bár radioaktív szennyeződés által érintett a terület töredéke, akár a mikro hatóerejű atomfegyverek kihullása által kialakított területnél, a veszély jellege a robbantás helyszínen tartózkodók számára felismerhetetlen. Az inkorporált belső szennyezést pedig nem lehet eltávolítani a szervezetből, és folyamatos, hosszan tartó károsodást okoz a sugárforrás lebomlásáig vagy a szervezetből való kiürülésig.

A RDE vagy RDD felhasználható arra, hogy az egyik fél korlátozza, illetve lassítsa, esetleg a szükséges védelem hiányában teljesen megakadályozza a másik fél csapatainak belépését egy viszonylag szűk területre annak elszennyezését követően, abban az esetben, ha az nem képes vagy nem akarja megkerülni a szennyezett területet. Az RDD pusztán a katonákra és a polgári lakosságra gyakorolt erős pszichikai hatásának kihasználására is felhasználható.

Az RDD-k olyan, a működés szempontjából alacsony technikai szintet igénylő szerkezetek, mint amilyenek az improvizált robbanóeszközök (pokolgépek), amelyek a terrorizmus fegyvertárának gyakorta alkalmazott kellékei. Elméletileg ilyen, szükségeseszközökből összeállított bűnös célú felhasználásra tervezett diszperziós eszköz (*improvized radiological dispersion device*, IRDD) összeállítása sem nehezebb, nem is beszélve a radioaktív anyagok olyan triviális alkalmazási lehetőségéről is, mint egy nagy aktivitású dehermetizált sugárforrás kihelyezése valamely lakott területen. Az orvosi sugárforrások, ipari besugárzók, illetve a radioaktív hulladék viszonylag könnyen megszerezhetők és felhasználhatók terrorista célokra. Műveleti területen a hadviselő felek reguláris erőinek harcosai is – meglévő ismereteik felhasználásával, radioaktív anyaghoz történő hozzáférést követően – könnyedén alkothatnak ilyen improvizált radiológiai diszperziós eszközöket a hagyományos fegyverekkel kombinálva. A szétterítésre szánt szennyező anyag beszerzése sokféle, radioaktív anyagokat felhasználó intézményből származhat: radioaktív hulladék-feldolgozó és -tároló létesítmény, atomerőmű, kutatóreaktor, radioterápiás intézet vagy laboratórium.

A természetes radioaktivitás és intenzitásának változása

Az atommagok protonjait és neutronjait igen nagy erők tartják össze, ezért az atommagok többsége stabil, összetételüket megváltoztatni, új elemeket létrehozni csak nagy energiaráfordítással lehet. Kivételt képeznek az úgynevezett természetes radioaktív elemek, amelyek atommagjai nem stabilak, s ezek az atommagok spontán, azaz minden külső behatás nélkül bomlanak, s radioaktív sugárzás kibocsátása közben más, stabil elemekké alakulnak át, például a rádium radonná, majd ólomá.

A körülbelül 40-féle természetes radioaktív elemnek ezt a tulajdonságát, vagyis hogy külső behatás nélkül részecske- és energiasugárzás kibocsátása közben képesek más elemekké átalakulni, *természetes radioaktivitásnak* nevezzük.

Radioaktív sugárforrás aktivitása

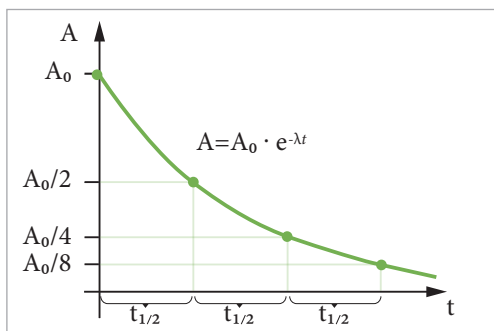
Az időegységre eső magbomlások számát nevezzük aktivitásnak. Egy adott radioaktív izotóp bomlási sebességének – aktivitásának – mértéke az időegység alatt elbomló magok száma:

$$A = - \frac{dN}{dt}$$

N: az aktív magok száma t időpontban.

Mértékegysége a becquerel [Bq]. Egy becquerel annak a radioaktív anyagnak az aktivitása, amelyben egy másodperc alatt egy bomlás következik be. 1 Bq = 1 bomlás/sec.

⁶⁵ Utasítás a sugárhelyzet... (2010): i. m.



2. ábra: Az aktivitás (intenzitás) változása az időben

Forrás: Utasítás a sugárhelyzet értékelése (2010) alapján a szerző szerkesztése

λ : az úgynevezett bomlási állandó, a magok egységnyi idő alatt bekövetkező elbomlásának valószínűsége. A bomlás valószínűségét λ helyett sokszor az úgynevezett felezési idővel ($T_{1/2}$ vagy $t_{1/2}$) jellemezzük, amely alatt a bomló magok száma a kezdeti felére csökken. A felezési idő azon időtartam, amely alatt a radioaktív atommagok száma (a bomlások következtében) a felére csökken. A nagy aktivitású anyagok felezési ideje rövidebb, a kis aktivitású anyagok felezési ideje hosszabb. A felezési idők az anyagi tulajdonságok függvényében a másodperc törtrészétől kezdve több milliárd év között változnak.

A szennyezett terület izotópkészletének azonosítását követően a bomlási állandó és a felezési idő ismeretében a szennyezés hatásai praktikusán kiszámíthatók a bomlási összefüggések alapján.

A sugárszint nem marad állandó a kihullás területén. A Kaufmann-egyenlet a sugárszint csökkenését írja le a kihullás befejeződését követően:

$$R_1 \times t_1^n = R_2 \times t_2^n$$

Ahol:

R = az adott időpontban mért sugárszint,

t = a mérés ideje a csapás után (óra),

n = a bomlási tényező.

Az 1-es és 2-es indexek az azonos helyen különböző időpontban mért értékeket jelentik.

A sugárszint és a sugáradag számítását nem lehet addig elvégezni, amíg a bomlási tényezőt nem ismerjük.

A bomlási tényező több összetevőtől függ:

- a robbantás módjától és magasságától;
- a fegyver típusától (egy-, kettő- vagy háromfázisú);
- a hasadóanyag típusától, a fegyver konstrukciójától, anyagától;
- az elpárolgott és a tűzgömbbe került anyag mennyiségétől és összetételétől;
- a talaj összetételétől.

Figyelembe kell venni azt is, hogy a bomlási tényező az idő előrehaladtával általában csökken (a bomlás lassabb lesz), és azt, hogy a kihullási terület egészét nem azonos bomlási tényező jellemzi, a bomlás mértéke egyes területeken az átlagostól eltérő lehet. Az indukált radioaktivitás csökkenése lényegesen különbözik a kihullás csökkenésétől. A kihullás radioizotópok keveréke, amelyek mindegyikének különböző bomlási állandója van. A bomlás (csökkenése) a Kaufmann-egyenlet szerint számítható.

Az indukált radioaktivitás elsődlegesen a talajban megtalálható alumíniumtól, mangántól és nátriumtól származik. Homokos talajoknál továbbá a szilícium indukált aktivitása is érvényesül, bár kis energiájú gamma-sugárzást bocsát ki. Tehát indukált radioaktivitás esetén a talaj összetétele határozza meg a bomlás sebességét. Az első 30 perc alatt a radioaktivitás elsősorban az alumíniumtól származik. Majdnem minden talajtípus tartalmaz alumíniumot. Ez az egyik leggyakoribb elem a felső talajrétegekben. A felezési ideje 2-3 másodperc, így majdnem az összes radioaktív alumínium elbomlik a robbanás után 30 perccel.

Minden talaj tartalmaz jelentős mennyiségű mangánt is. Felezési ideje körülbelül 2 óra 30 perctől 10-20 óráig tart. A radioaktivitás elsősorban a mangántól és a nátriumtól származik.

10-20 óra után a nátriumizotóp sugárzása a meghatározó, amelynek felezési ideje 15 óra.

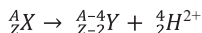
A talaj összetétele a legfontosabb tényező az indukált sugárzás csökkenésekor. Mivel a talaj összetétele még viszonylag kis területen is tág határok között változik, ismerni kell a talaj tényleges kémiai összetételét az indukált aktivitás csökkenésének kiszámításához.

A kutatók megállapították, hogy a radioaktív sugárzás lényegileg háromféle lehet, amelyeket alfa-, béta- és gamma-sugárzásnak neveztek el.

Alfa-sugárzás (α -sugárzás)

Az $A > 170$ tömegszámú magoknál az atommagok alfa-kibocsátása exoterm folyamat, a felszabaduló energia bomlásonként 4–9 MeV, amely energiának 98–99%-át az alfa-részecske képviseli.

Az alfa-bomlás eredményeként a visszamaradó mag rendszáma kettővel, a tömegszáma négygel csökken.



A különböző radioaktív izotópokból kilépő alfa-részecskék sebessége, vagyis energiája jól meghatározott érték, amely jellemző a kibocsátó izotópra. Adott radioaktív anyagból kilépő alfa-részecskék hatótávolsága azonos körülmények között mindig egyenlő, és jellemző az illető anyagra. Egyfajta atommagból keletkező alfa-részecskék energiája mindig állandó.

Az alfa-sugárzás pozitív töltésű, két protonból és két neutronból (tehát tulajdonképpen héliumatommagból) álló, nagy tömegű és nagy energiájú részecske-sugárzás (korpuszkuláris sugárzás). Az alfa-részecskék kezdeti sebessége 10 ezer és 20 ezer km/s közötti. Nagy energiájuk és nagy tömegük miatt igen erősen ionizálják környezetük anyagát, eközben elvesztve energiájukat.

Az alfa-sugárzás elnyelődik a levegőben már néhány (< 10) cm-es alumínium-lemez 0,05 mm-es rétegében, így ellene a legvékonyabb védőréteg is megfelelő védelmet nyújt. Amennyiben az alfa-sugárforrás a bőrre kerül, az alfa-sugárzás elnyelődik a bőr külső, elhalt, elszarusodott sejtrétegében. Igazi veszélye abban rejlik, hogy az alfa-részecskék vízzel, ételmiszerrel, a belélegzett levegővel a szervezetbe kerülve súlyos biológiai elváltozásokat okozhatnak. Jóval nagyobb sugárkárosodást válthat ki, mint a többi radioaktív sugárzástípus.

Az alfa-részecskék hatótávolsága az emberi szervezet szöveteiben 40–60 mikron, a teljes sugárzó energia a részecskéket közvetlenül övező apró térfogatban nyelődik el, ezen a kis távolságon azonban hatalmas ionizációs hatásuk miatt jelentős biológiai elváltozást okozhatnak.⁶⁶

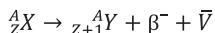
⁶⁶ Havai (1998): i. m.

Béta-sugárzás (β -sugárzás)

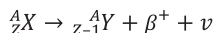
Béta-bomlásnak nevezzük azt a spontán magátalakulást, amelynek során a magból nagy energiájú elektronok vagy pozitronok lépnek ki, vagy a mag elektronbefogással stabilizálódik.

A béta-bomlás sokkal általánosabb, mint az alfa-bomlás, mert míg az utóbbi csak a nagy tömegszámú magoknál lép fel, addig a béta-bomlás lehetséges a teljes periódusos rendszerben.

A neutrongazdag atommagok stabilizációja általában az egyik neutron protonná való átalakulása útján történik. Béta-negatív bomláskor a változatlan A tömegszámú mag Z rendszáma eggyel nő.⁶⁷



Béta-pozitív bomlás során a változatlan tömegszámú mag rendszáma eggyel csökken.



Néhány mesterségesen instabillá tett atommagban a pozitív töltések csökkentése nem béta-sugárzás, hanem egy elektron a legbelső „k” elektronhéjról a magba történő berántása révén megy végbe. Hatására az atommag egyik protonja a folyamatban neutronná alakul át. Az alfa-sugárzáshoz hasonlóan a béta-részecske elektronokkal vagy atommaggal történő ütközése ionizációhoz vagy az atomok gerjesztéséhez vezet. A béta-részecske kis tömege miatt ritkábban ütközik a közeg atomjaival. A béta-sugárzás hatótávolsága a testszövetben 8–10 mm. A béta-sugárzás viszonylag nagy energiájú negatív töltésű részecskék (elektronok) áramlása. Tehát korpuszkuális sugárzás, bár tömege elenyésző az alfa-sugárzáshoz viszonyítva. Ionizáló képessége az alfa-sugárzásnál kisebb, áthatoló képessége azonban nagyobb, akár 60–120 cm is lehet.

A béta-sugarak mindössze néhány milliméterre képesek behatolni a szövetekbe. Amennyiben a béta-sugárzó anyag a bőrfelszínre kerül, a kibocsátott béta-sugárzás károsítja a bőrt. A sérülés kezdetben hasonlít a felszínes, hősugarak okozta égési sérüléshez, azonban a sérülés ennél általában jelentősen súlyosabb.

⁶⁷ Kovács (2002a): i. m.

Amennyiben a béta-sugárzó anyag bekerül a szervezetbe (inkorporálódik), a szövetkárosodás az egyes sugárforrásokat övező kis gömbformában alakul ki.⁶⁸

Gamma-sugárzás (γ -sugárzás)

Az atommag nukleonrendszere nem mindig van energetikailag a legkedvezőbb állapotban (amelyben minimális potenciális energiával rendelkezik). Előfordulhat, hogy gerjesztett állapotban van (az alapállapotánál nagyobb az energiája). Az energiafelesleg leadására az atommag elektromágneses sugárzást bocsát ki. Ennek az elektromágneses sugárzásnak a kvantumait nevezzük gamma-fotonoknak. A gamma-sugarak tehát nagy energiájú elektromágneses sugarak, rezgésszámuk eléri a 10^{21} Hz értéket. A gamma-sugárzás áthatolóképessége a rezgésszámnak megfelelő hatalmas energiakvantum miatt igen nagy, de az alfa- és a béta-sugárzáshoz képest kisebb ionizációt vált ki, lényegét tekintve a fény-, illetve a röntgensugárzáshoz hasonlítható. A gamma-sugárzás nyugalmi tömeggel és elektromos töltéssel nem rendelkező részecskék, az úgynevezett gamma-fotonok áramlása.⁶⁹

A gamma-sugárzás ellen a nehéz anyagok (ólom, páncél, beton stb.) is csak nagyobb vastagságban nyújtanak megfelelő védelmet.

Neutronok

A neutronok elektromos töltéssel nem rendelkező nehéz részecskék. Tömegük-nél és energiájuknál fogva a maghasadási neutronok képesek az atomszerkezet megbontására, az eltálatott atommag pályaelektronjaitól való megfosztásával. A kilöködött atommagok ionizálódnak, illetve pályájuk mentén ionizálnak. A rugalmas ütközés során a neutronoknak a kisebb tömegű magokkal történő ütközése nagyobb energiavesztést, tehát nagyobb energiaátadást eredményez. Az emberi szervezet mint elnyelő közeg tekintetében kitüntetett jelentősége van az élő szervezet felépítésében legnagyobb mennyiségben részt vevő hidrogénnek.⁷⁰

⁶⁸ Havai (1998): i. m.

⁶⁹ Kovács (2002a): i. m.

⁷⁰ Havai (1998): i. m.

Biológiai közegben a könnyebb elemek magjai és a neutronok közötti rugalmas ütközések vannak túlsúlyban. A neutronbefogásnak a kis energiájú, hőegyensúlyi energiaállapotba került termikus neutronok esetében nagyobb a valószínűsége, így a szervezetet felépítő egyes elemek, például a nátrium atommagjainak neutronbefogása radioaktív izotópot és egy gamma-foton kibocsátását eredményezi.⁷¹

A védelmet a neutronok fékezésére legalkalmasabb kis rendszámú anyagok, például paraffin (20–25 cm) vagy bórtartalmú víz jelentik.

Besugárzási dózis (X)

A besugárzási dózis az ionizáló sugárzás erősségére jellemző fajlagos energiamennyiség.

Mértékegysége: 1 coulomb/kilogramm (C/kg). Egy C/kg az olyan állandó intenzitású sugárzás besugárzási dózisa, amely 1 kilogramm tömegű száraz levegőben összesen egy coulomb töltésű azonos előjelű iont hoz létre.

Elnyelt sugáradag vagy elnyelt dózis (D)

Az ionizáló sugárzásoknak valamely anyag egy *térfogatelemének tömegében* (dm) elnyelt energiájának átlagán az

$$\bar{\varepsilon} = W_{be} - W_{ki} + W_Q$$

mennyiséget értjük, ahol

W_{be} : minden közvetlenül, illetve közvetve ionizáló részecskének és fotonnak az átlagos energiája (kivéve a nyugalmi energiát), amely a vizsgált elemi térfogatba belép;

W_{ki} : minden közvetlenül, illetve közvetve ionizáló részecskének és fotonnak az átlagos energiája (kivéve a nyugalmi energiát), amely a vizsgált elemi térfogattól kilép;

W_Q : a belépő részecskék, illetve fotonok által létrehozott magátalakulások során fellépő átlagos energiamennyiség.

⁷¹ Vincze (2000): i. m.

Az elnyelt dózis meghatározható az átlagos elnyelt energia felhasználásával. Valamely ionizáló sugárzásnak az anyagban elnyelt dózisa a:

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm} = \frac{1}{\rho} \times \frac{d\bar{\epsilon}}{dV}$$

mennyiséget értjük, ahol

$\bar{\epsilon}$: az előzőekben definiált elnyelt energiaátlag;

m: az elnyelő anyag tömege a V térfogatban;

ρ : az anyag sűrűsége;

dm: térfogatelem tömege.

Az elnyelt sugárdózis tehát valamely besugárzott anyag által elnyelt ionizáló sugárzási energia mértékét meghatározó mennyiség. Mértékegysége: 1 J / 1 kg = 1 gray (Gy).

Egy gray az a sugáradag, amely 1 kg tömegű anyagban nyelődik el, ha az anyag 1 joule energiát képviselő ionizáló sugárzásnak van kitéve.

Egy elnyelő közegbe be-, illetve azon áthatoló sugárzás energiájának egy részét elveszíti azáltal, hogy kölcsönhatásba lép a nyomvonalába eső atomokkal és molekulákkal. A kölcsönhatások számának növekedése egyben az elnyelő anyagnak átadott energia növekedéséhez is vezet. A lineáris energiáttranszfer (LET) nem más, mint egy adott sugárzás esetén az elnyelő közegben megtett egységnyi úthosszra eső átlagos energiaátadás.

Minél nagyobb a LET-érték, annál nagyobb a sugárzás biológiai károsodást kiváltó képessége.

A testszövetben elnyelt dózis és az egyenértékűdózis

A biológiai hatás szempontjából az elnyelt dózisok nem adnak helyes felvilágosítást a sugárzásfajták különbözőségei miatt. Fizikailag azonos dózisok ugyanis sugárzásfajtánként más és más biológiai elváltozásokat okozhatnak, így pusztán az elnyelt dózisok alapján a különböző sugárzások közvetlen összehasonlítása nem lehetséges. Egy adott alfa-sugárdózis például nem ugyanazt a biológiai hatást váltja ki, mint az azonos mértékű gamma-sugárzás.

A különböző sugárzásfajták összehasonlítására és a várható egészségkárosodás mértékének meghatározására az ember szervezetének speciális törvényszerűségeit figyelembe vevő dózismennyiség az egyenértékűdózis. A sugárvédelmi normákat ebben szokás megadni.

Az egyenértékdózis az ember sugárkárosodásának várható mértékéről ad felvilágosítást, így nem tisztán fizikai mennyiség, mert az élő szervezet bonyolult folyamatait is igyekszik figyelembe venni. Amikor a sugárzási teret különböző típusú, illetve eltérő w_R súlytényezőjű sugárzások alkotják, akkor valamely ionizáló sugárzásnak az ember szervezetében létrehozott egyenértékdózisán a

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$$

mennyiséget értjük, ahol

T: szövet vagy szerv;

R: a sugárzás típusa és minősége;

w_R : a sugárzási súlytényező;

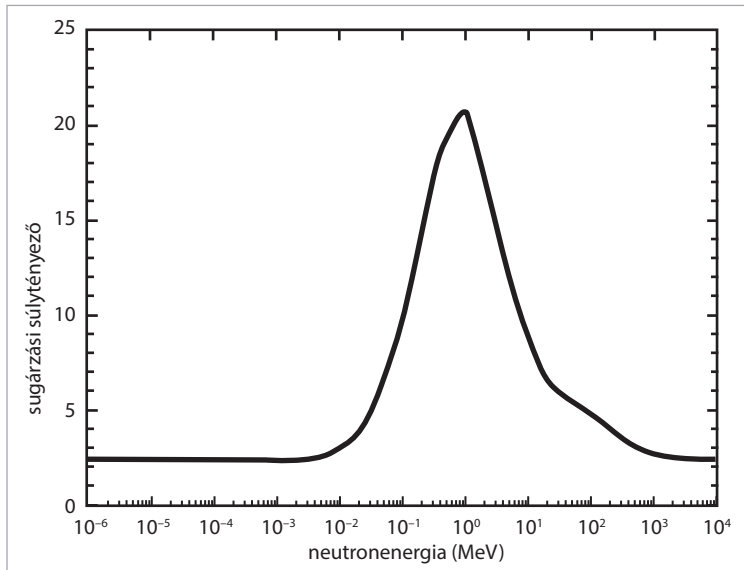
$D_{T,R}$: a T szövetben vagy szervben elnyelt dózis átlagértéke.

A sugárzási súlytényező: az emberi szervezetnek az egyes ionizáló sugárzásokkal szembeni eltérő érzékenységet kifejező, dimenzió nélküli szám. Az összehasonlítás alapja a 200 keV átlagenergiájú röntgensugárzás biológiai hatása.

2. táblázat: A sugárzási súlytényező (w_R) értéke néhány fontosabb ionizáló sugárzásra

sugárzás fajtája	sugárzási súlytényező (w_R)
β^- , β^+ , röntgen-, és γ -sugárzás	1
neutronok:	
< 1 MeV	Folytonos görbe a neutron- energia függvényében.
1 MeV < En ≤ 50 MeV	
50 MeV felett	
Nehéz töltött részecskék (például α)	20

Forrás: a szerző szerkesztése a 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről alapján



3. ábra: A sugárzási súlyfaktor a neutronenergia függvényében

Forrás: ICRP 103

Mivel a sugárzási súlytényező dimenzió nélküli szám, az egyenértékdózis egysége energia/tömeg jellegű mennyiség, de ennek külön nevet adnak: SI egysége a sievert (Sv).

Mértékegysége: $1 \text{ J} / 1 \text{ kg} = 1 \text{ sievert (Sv)}$.

$$[H] = 1 \text{ Sv} = 1 \text{ Gy (ha } w_R = 1)$$

Effektív dózis (E)

Az emberi test összes szövetére vagy szervére (T) vonatkozó, súlyozott egyenértékdózisok (H_T) összege:

$$E = \sum_T w_T H_T = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R}$$

ahol a w_T a T szövet vagy szerv súlytényezője, w_R az R típusú sugárzás súlytényezője, $D_{T,R}$ az R sugárzástól származó, T szövetben vagy szervben elnyelt dózis átlagértéke. Az effektív dózis egysége a sievert (Sv).

A szervezet várható sugárkárosodásának mértéke szempontjából egy-egy szervnek vagy szövetnek a besugárzása kisebb vagy nagyobb jelentőségű lehet.

H_T : a szervben az átlagos dózisegyenérték.

W_T : a szövet sugárérzékenysége.

3. táblázat: Különböző szervek sugárérzékenysége

Szerv	W_T
Ivarszervek	0,08
Vörös csontvelő	0,12
Vastagbél	0,12
Tüdő, gyomor	0,12
Emlő	0,12
Máj	0,04
Nyelőcső	0,04
Pajzsmirigy	0,04
Bőr	0,01
Csontfelszín	0,01

Forrás: 2/2022. (04. 29.) OAH-rendelet

Az ionizáló sugárzás és a testszövet kölcsönhatása

Az ionizáló sugárzások biológiai hatásai bonyolult folyamatok eredményeként jönnek létre. A testszövet anyaga és a sugárzás között először fizikai kölcsönhatások lépnek fel, amelyeket kémiai, biokémiai elváltozások követnek. Ezek következményeként biológiai elváltozások alakulnak ki. Az észlelhető biológiai elváltozások általában bizonyos lappangási idő elteltével jelentkeznek. A szervezet sugárérzékenyebb részei a nyirokszövetek és a csontvelő. A csontvelő nagy érzékenysége miatt bizonyos izotópok már kis mennyiségű inkorporálódása (például ^{90}Sr) is veszélyes a csontokban való lerakódása és a gátolt kiürülése miatt.

A vérkép már kis dózisu besugárzás hatására is megváltozik. A vérerek tágulnak, a hajszálerek fala áteresztővé válik, ez belső vérzéseket okozhat. A bélfalak károsodása miatt egyes tápanyagok a tápcsatornából nem szívódnak fel, nemkívánatos anyagok (például fajidegen fehérje) pedig a falon átjutnak. Az ivarszervek is sugárérzékenyek, a sugárzás hatására az ivarsejtek termelése csökken, illetve meg is szűnhet nagy dózisok hatására. Érzékeny látószervünk, a szem lencséjének károsodása már viszonylag kis dózisok hatására bekövetkezhet.

Az ionizáló sugárzás hatására a bőrön bőrpír (a bőr átmeneti gyulladásos reakciója), pigmentáció, heveny vagy idült bőrgyulladás alakulhat ki, amelynek későbbi következménye lehet a bőr sorvadása, burjánzása, értágulatok, fekélyesedés, illetve bőrrák.⁷²

A felsorolt biológiai károsodások együttese a sugárbetegség. A sugárbetegség lefolyása és súlyossága függ attól, hogy mekkora az elszennvedett dózis, illetve a test melyik részét érte. A szervezet sugárérzékenysége egyébként egyénenként és időben is változhat.

A genetikai károsodás során az ivarsejtek magjainak – átöröklő tulajdonságokat hordozó –, kromoszómáinak károsodása révén mutációk alakulnak ki.

A szervezetbe bekerült radioaktív anyagok hatása

A legveszélyesebbek azok a radioaktív izotópok, amelyek szelektív módon rakódnak le a csontokban (mert a csontok anyaga cserélődik ki a leglassabban az emberi szervezetből) és más élettanilag fontos testrészekben továbbá, ha nagyon hosszú időn át sugároznak (nagy felezési idejük), mivel az a testrész, amelyikben felgyülemlik, rohamosan megbetegszik. Ilyen például a radioaktív stroncium (⁹⁰Sr), amely kémiai tulajdonságai miatt a csontokban rakódik le.

Az egészségkárosodás kialakulása szempontjából az adott radionuklid biológiai és fizikai felezési ideje egyaránt meghatározó. A radionuklidok éppen úgy beépülhetnek a szervezetünkbe, mint a stabil (nem radioaktív) elemek és vegyületeik. A felszívódásukat követően egyesek eloszlanak a szervezetben, amíg bizonyos elemek és vegyületek felhalmozódnak néhány szervben. Így például a szervezetbe kerülő radioaktív nátrium megoszlása egyenletes, a radiojódot (¹³¹I) főleg a pajzsmirigy veszi fel, és ezért nagymértékben feldúsul abban. Az urán elsődleges lerakódási helyei a vese és a csontok.

Az inkorporálódás a szennyező anyag szervezetbe történő bejutásával kezdődik, belélegzéssel, lenyeléssel, szennyezett sebeken, továbbá ép bőrön keresztüli felszívódással, majd a felszívódás után eloszlik a testben. A belélegzés útján történő bekerülés a szennyeződés légutakban történő lerakódását eredményezi. A részecskeméret ebben az esetben is meghatározó, ugyanis az 5–10 µm-es aeroszolok akadálytalanul eljuthatnak a légúthágocskák szintjéig, ott lerakódva. A lerakódást követő

⁷² Havai (1998): i. m.

felszívódás a szennyező anyag vegyi oldékonyságától függ. Az oldódó részecskék vagy közvetlenül, vagy a nyirokrendszeren keresztül kerülnek a véráramba.

A nem oldódó részecskéket a légutak öntisztító aktivitása távolítja el. Az így kialakult és a légutakból távozó köpet lenyeléssel még mindig bekerülhet a gyomorba.

A lenyelést követően a gyomorból és bélrendszerből történő felszívódás a szennyező anyag kémiai összetételétől és annak oldékonyságától függ. A lenyelt oldhatatlan részecskék maradnak rövidebb-hosszabb ideig a gyomor-béltraktus egyes szerveiben kiürülésükig, különböző mértékű sugárexpozíciónak kitéve azokat. A rostokban gazdag élelmiszerekkel táplálkozók esetében körülbelül 24 óra szükséges a gyomorból, bélrendszerből való kiürüléshez. Rostokban szegény élelmiszereket fogyasztók esetén a kiürülésig akár 5 nap is eltelhet.

A bőrön keresztüli felszívódás passzív diffúzióval történik. A hámréteg fizikai gátat, egyben ellenállást jelent az anyag részecskékkal szemben. Bár a radioaktív anyagok bőrön keresztüli felszívódása nem jellemző, bizonyos vegyszereknek (dimetil-szulfoxidnak) kitett bőr átjárhatósága megnövekedhet. A bőrsérülések behatolási kaput jelentenek bármilyen szennyeződésnek, lehetővé téve a lejutást a bőr alatti szövetbe.

Determinisztikusnak nevezzük az elszennvedett dózissal közvetlenül összefüggő sugárhatásokat. Minél nagyobb az elszennvedett sugáradag, annál súlyosabb az általa okozott hatás. Bár egyéni érzékenységből adódó eltérések miatt számos tényező befolyásolja a sugárhatások erősségét, leginkább a dózisfüggése a meghatározó. A késői determinisztikus kórfolyamatok néhány leggyakoribb és egyben legsúlyosabb tünete a szövetfibrózis, idült immunkárosodás, ivarszervi rendellenes működés, valamint egyes szemproblémák.

A sztochasztikus hatások statisztikai valószínűségen alapuló következmények. Egy sievertnél (1 Sv) kisebb sugárdózisok esetén a daganatkeltés a legjelentősebb késői következmény.

A sztochasztikus hatásoknak nincs küszöbdózisa, és a dózis növelésével a hatás előfordulásának valószínűsége növekszik arányosan.

Akut sugárbetegség

Az akut sugárbetegség a 0,7 Gy fölötti elszenvedett sugáradagok közvetlen következménye. A tünetek fellépési ideje, időtartama, valamint a prodromális és fő szakasz közötti látenciaidő arányos az elszenvedett sugárdózissal.⁷³

Az akut sugárbetegségnek három, jól elkülöníthető tünetcsoportja (szindrómája) van, amelyek lefolyása a következő három meghatározott fázisra osztható:

a) *Kezdeti (prodromális) szakasz*

A sugárexpozíciót követően néhány órán belül hányinger, hányás és rossz közérzet alakul ki. A tünetek súlyosságát az elszenvedett dózison felül az egyéni sugárérzékenység is befolyásolja.

b) *A látencia szakasza*

A látencia szakaszában az általános közérzet átmeneti javulása figyelhető meg, a vérkép mindeközben tovább romlik. A szakasz időtartama a vérképző szervi sugárszindróma esetében mintegy 2–6 hét, a gasztrointesztinális szindróma kialakulását megelőzően néhány nap, egy hét, és a központi idegrendszeri szindróma esetén a legrövidebb, csupán néhány óra.

c) *A sugárbetegség manifest szakasza*

A betegség ezen szakában megjelenő klinikai tünetek már az érintett szervrendszer károsodásai következtében manifestálódnak.

Akut sugárszindrómák

Az egyes dózistartományokra jellemző tünetegyütteseket ennek megfelelően az akut sugárbetegség csontvelői (hemopoietikus), gyomor-bélrendszeri (gasztrointesztinális) és központi idegrendszeri (neurovaszkuláris) szindrómáinak nevezzük. Ezek a sugárszindrómák a már manifestálódó szervkárosodások szervezeti megnyilvánulásai, és a dózistól függően hosszabb-rövidebb lappangási idő után alakulnak ki.

⁷³ Kézikönyv az ABV-védelmi műveletek egészségügyi vonatkozásairól (nukleáris). MH Dr. Radó György Honvéd Egészségügyi Központ, 2010.

Csontvelői sugárszindróma

A kis dózisoktól a félhalálos dózistartományig terjedő hatások elszenvedésekor a csontvelőműködés depressziója alakul ki, amely aztán a vérsejtképződés megszűnéséhez és a vérsejtszám csökkenéséhez vezet. A vérkép romlása a besugárzást követő 24 órán belül bekövetkezik.

Gyomor-bélrendszeri (gastrointesztinális) sugárszindróma

Nagyobb (8 Gy) gamma-sugárdózis elszenvedése vezet a szindróma kiváltásához. A hámsejtek működésének zavara, azt követő nagy fokú bélhámvesztés miatt súlyos folyadékvesztés, vérzés és hasmenés kezdődik.

Központi idegrendszeri (neurovaszkuláris) sugárszindróma

Ez a szindróma kifejezetten nagy dózisok elszenvedése esetén fordul elő (20–40 Gy <). A látenciaperiódus nagyon rövid, néhány órától 1–3 napig terjed. Ezt követően az idegrendszer összeomlása éber állapotú kómához, majd halálhoz vezet.

Az egyes sugárszindrómák a valóságban csak ritkán figyelhetők meg izoláltan, az egyéb szervek sérülése – különösen erősen inhomogén besugárzás után – nagymértékben módosíthatja azokat. Különösen érvényes ez a 6 Gy-nél nagyobb dózisok esetén, amikor a csontvelői károsodás dominanciája mellett egyre nagyobb szerepet játszik már a gyomor-bélrendszer sérülése is. Emiatt az akut sugárbetegségnek a 8–10 Gy közötti dózistartományra jellemző klinikai formáját a sugárbiológiai szakirodalom úgynevezett átmeneti sugárszindrómának nevezi.

Helyi besugárzás hatása

Nem egésztest-, hanem helyi besugárzás hatására az érintett szövetek akut lokális sugársérülése figyelhető meg. Mivel a sugárzás intenzitása a távolság négyzetével arányosan csökken, a forráshoz legközelebb eső szövetek óriási dózist kaphatnak, az egésztest-besugárzás viszont csak töredéke lesz.

Sugárzás okozta akut bőrszindróma

A sugárexpozíciót követő percekben vagy órákon belül az égő, viszkető érzés, majd bőrpír alakul ki. Ez az átmeneti prodromális szakasz általában 36 óránál rövidebb ideig tart, amelyet egy klinikailag tünetmentes látenciaperiódus követ. A manifeszt szakaszra jellemző az élénk vörös gyulladt bőr, amelyen esetleg felpikkelyeződés és hámlás jelei is mutatkozhatnak. Súlyosabb esetekben felhólyagzás vagy fekély is kialakulhat.

Az ionizáló sugárzás hatása a sejtosztódásra

Az egyes sugárzástípusok eltérő erősséggel és hatékonysággal képesek kiváltani fejlődési rendellenességeket. Korábban az ionizáló sugárzás DNS-károsító hatását kijavíthatatlannak tartották. Az utóbbi évtizedek sugárbiológiai kutatásai azonban fényt derítettek néhány, az emlősejtekben megfigyelhető, sugárzás okozta DNS-károsodások kijavítására is képes mechanizmusra. Amennyiben azonban a sugárkárosodások kijavítása nem történik meg, vagy hibás a javítás, a sejtfunkciózavarokon túlmenően az osztódási képesség elvesztése vagy sejtosztódás előtti sejtelhalás következhet be. A sejt túlélése esetén viszont a megváltozott genetikai információ átadódhat az utódsejteknek. Az ivarsejtekben bekövetkező DNS-változások mutációkat okozhatnak az utódgenerációkban (genetikai kockázat), a szomatikus sejtekben bekövetkező DNS-károsodás pedig a rosszindulatú daganatos megbetegedések kialakulásának képezi molekuláris alapját.⁷⁴

1.3.2. Vegyi fegyverek

Vegyi fegyvereknek nevezzük a különböző mérgező harcanyagokat, alkalmazási eszközeikkel együtt. A vegyi fegyverek pusztító hatása a mérgező harcanyagok *toxikus tulajdonságain* alapszik. A mérgező harcanyagok toxikus tulajdonsága nem más, mint azok szervezetet károsító képessége bizonyos életfolyamatok gátlása vagy megváltoztatása révén. A toxicitást befolyásolják a mérgező anyag fizikai és kémiai tulajdonsága és szerkezete.

⁷⁴ Havai (1998): i. m.

Mérgező harcanyagok azok a vegyületek, amelyek harci körülmények között is képesek az élő szervezetek károsítására, pusztítására.

A gáz, cseppfolyós vagy szilárd halmazállapotú mérgező harcanyagok különböző *harci állapotban* (gáz, gőz, folyadék, aeroszol) szennyezik a légtér, a terepet, a harci-technikai eszközöket, a személyi állományt, ideiglenes vagy végleges harcképtelenséget, munkaképtelenséget, halált okoznak, elpusztítják a természetes növénytakarót és a növényi kultúrákat.⁷⁵

A maradóság az az időtartam, amely alatt a mérgező vagy biológiai harcanyag hatásos marad a célterületen. Vegyi vagy biológiai fegyverek esetében egy ágens azon jellemzője, amely a környezetben megőrzött hatásosságának időtartamát írja le. A maradóság nemcsak az alkalmazott mérgező harcanyagtól, hanem más tényezőktől is függ, például a meteorológiai viszonyoktól, a terepviszonyoktól, az alkalmazáseszköz-típusoktól.⁷⁶

Maradóságuk alapján megkülönböztetünk *illanó* és *maradó* mérgező harcanyagokat. Az illanó mérgező harcanyagok a terepet néhány perctől legfeljebb 1–12 óra időtartamig szennyezik. A maradó mérgező harcanyagok káros hatását hosszabb ideig, napokig, hetekig, egyes esetekben hónapokig képesek kifejteni.

A légzőszerveken keresztül a szervezetbe kerülő mérgező harcanyag toxicitását meghatározza egyrészt a mérgező harcanyag koncentrációja (c), másrészt a szennyezett légtérben való tartózkodás ideje (t). E két érték adja meg a bekerült mérgező harcanyag mennyiségét.

$$T = c \cdot t$$

A mérgező harcanyagokra jellemző toxodózis állandó:

$$T = c \cdot t = \text{konst.}$$

A halálos toxodózis, tehát mérgező harcanyagonként meghatározott (például szomán esetében 0,07 mg perc/l, kénmustárra nézve 1,5 mg perc/l).

Könnyen belátható, hogy a dózis nagyságát a fizikai aktivitás, illetve az általa meghatározott légzésintenzitás (V) is befolyásolja. A légzés intenzitása tevékeny-

⁷⁵ Simon Ákos: *Mérgező-, gyújtó- és ködösítő anyagok*. Budapest, BJKMF, 1990.

⁷⁶ Halász László – Nagy Károly: *Mérgező anyagok kémiája*. Egyetemi jegyzet. Budapest, ZMNE, 2000.

kedésünk intenzitásától függően eltérően alakul (például: amíg nyugalomban percenként 8 liter, addig futás esetén a 70 litert is elérheti percenként).

$$D = c \cdot t \cdot V$$

A mérgező harcanyagok tehát a szervezetbe kerülhetnek a légutakon, az emésztőszervrendszeren, valamint a bőrön, illetve annak sérülésein keresztül. A mérgezés súlyossága, a jellemző tünetek megjelenése, időtartama ennek megfelelően változékonyságot mutat. Gázok, gőzök és aeroszolok belélegzése esetén a hatóanyagok a légzőszervrendszer bármely szakaszán felszívódhatnak. A gáz-halmazállapotú mérgező harcanyagok a tüdő alveolusaiból gyorsan a vérkeringésbe jutnak. Az 5 µm átmérőnél nagyobb aeroszolrészecskék inkább a felső légutakban tapadnak le, az 1–5 µm átmérőjűek eljutnak az alsóbb légutak területére is. Az 1 µm-nél kisebb részecskék egy jó része a kilégzés során ki is kerül a tüdőből. A folyadékcseppecskék az orr nyálkahártyáján, illetve a bőrfelületen keresztül szívódhatnak fel. A gőz formájában jelen levő illékony komponensek még az ép bőrfelületen keresztül is képesek áthatolni és mérgezést okozni. A sérült bőrfelületen közvetlenül a véráramba kerülhetnek a toxinok.⁷⁷

1.3.2.1. Mérgező harcanyagok csoportosítása

A mérgező harcanyagokat igen sokféle szempont alapján csoportosíthatjuk. A felosztás alapját leggyakrabban a mérgező harcanyagok fizikai-kémiai tulajdonságai és az élő szervezetre gyakorolt hatása képezi.

A mérgező harcanyagok csoportosítása élettani hatásuk alapján

A különböző mérgező harcanyagokat az élő szervezetre gyakorolt hatásuk alapján a következő csoportokba soroljuk:

- idegbénító hatásúak;
- általános hatásúak;
- hólyaghúzóak;
- fojtók;

⁷⁷ Halász–Nagy (2000): i. m.

- ingerlők;
- pszichotoxikus hatásúak;
- növényzetpusztítók.

Az idegbénító hatású mérgező harcanyagok

Legfontosabb képviselőjük a *szarin*, *szomán* és a „V” anyagok. Gyorsan ható mérgező harcanyagok, a szervezet acetilkolin-eszteráz enzimjének gátlása révén fejtik ki hatásukat, megakadályozva ezzel az idegingerület-közvetítő anyag, az acetilkolin elbomlását. Az idegvégződéseken felhalmozódó elbontatlan acetilkolin az izomzatot görcsös állapotban tartja, a halál végső fokon a szervezet általános bénulása következtében lép fel.

Az acetilkolin-eszteráz enzim bénítása következtében az acetilkolin lebontása megáll, így az acetilkolin-kötőhelyeken az acetilkolin felhalmozódása indul meg. Ilyen kötőhelyek találhatók a paraszimpatikus idegrendszerben a szívárványhártyához kapcsolódó simaizmokhoz, a hörgőkhöz, a gyomor- és béltraktushoz, a húgyhólyaghoz, a véredényekhez, az emésztési és légzési rendszer nyál- és váladéktermelő mirigyeihez és a szívizmokhoz vezető idegvégződéseknél, továbbá a szimpatikus idegrendszer izzadságmirigyekhez vezető idegvégződéseinél. Az idegvégződéseken felgyülemelő acetilkolin a fenti szervek, szervrendszerek területén jellegzetes tünetek megjelenését eredményezi.⁷⁸

Az idegmérgek számos formában alkalmazhatók, aeroszol formában történő kijuttatás esetén a hatóanyag a bőrön vagy a szemén keresztül, illetve belégzés útján szívódik fel. Gőzeik elsősorban a légutakon keresztül hatnak, de a szem is közvetlen veszélynek van kitéve. Az idegmérgek a tüdőből és a szemben gyorsan felszívódnak. Az idegbénító mérgező harcanyagok hatására kialakuló tünetek a sérülés súlyosságától különbözők lehetnek.

Kis fokú mérgezés esetén, a szem simaizmainak változása miatt a pupilla összehúzódik, és csak erős pupillaszűkület (miózis) lép fel, a hörgők simaizmaiban és váladéktermelő mirigyeiben lezajló változások eredményeképpen hörgőszűkület lép fel, a *légutakban pedig fokozott váladékképződés* indul el, a légzés nehezülését, mellkasi fájdalom kialakulását eredményezve.

⁷⁸ Kézikönyv az ABV-védelmi műveletek egészségügyi vonatkozásairól (vegyi). MH Dr. Radó György Honvéd Egészségügyi Központ, 2010.

A miózis következtében gyakran látási zavarok alakulnak ki, a szem rendkívül fényérzékenné válik, esetenként teljes vakzással is számolnunk kell, azonban ha ez utóbbi nem következik be, a sérült 2-3 nap múlva visszanyeri harcképességét.

Nagy koncentrációk kialakulása esetén az idegméreg a tüdőn keresztül gyorsan a vérkeringésbe kerül, és egy percen belül egész testre kiterjedő hatások jelennek meg, a kötőhártya vérbősége miatt a szem bevörösödik. Nagyobb dózis elszívódása a felsorolt tüneteken kívül okozhat még: erős fejfájást, a szemizmok görcsös összehúzódása miatt – különösen fókuszáláskor – szemfájdalmakat.

Amennyiben az idegméreg lenyeléssel a gyomorba jut, hasi görcs, hányinger, hányás és hasmenés lép fel.

Súlyos sérülésnél akaratlan izomrángások, majd szétszórtan az apróbb izmok rángása figyelhető meg, amely az egész testre kiterjed, és amit görcsös állapot követ. Ennek látható jelei – a miózison kívül – az egész szervezet erős remegése, eszméletvesztés, önkéntelen vizeletürítés. Ezt követően általános izomgyengeség jelentkezik, amely a légzőizmokra is kiterjed. A légzés lelassul és akadozik. Később az izmok gyengesége a légzés leállításához vezethet. A fulladásos halál a légutak elzáródása, a légzőizmok bénulása és a légzőközpont működésének leállása miatt következik be. Ha a sérült nem kap ellenanyagot, a halál rövid időn belül bekövetkezik.

A felsorolt tünetek az idegbénítók csoportjába sorolt valamennyi mérgező harcanyag – DFP, tabun, szarin, szomán, „V” anyagok – esetében közel azonosak, a különbségek inkább a tünetek kialakulásának gyorságában jelentkeznek. Szarin belégzése esetén a mérgezés külső jelei már az első percben láthatóvá válnak, míg például a „V” anyagok aeroszoljainak belégzése csak tíz percen belül, a bőrfelület VX-szennyeződésekor pedig csak körülbelül egy órán belül jelentkeznek. Az idegbénító mérgező harcanyagok egyik további közös sajátossága az úgynevezett *kumulatív* (összegződő) hatás.⁷⁹

A szervezetbe jutott mérgező harcanyagok igen nehezen ürülnek ki, lassan felhalmozódnak, s emiatt nagy valószínűséggel halálos vagy súlyos mérgezés is bekövetkezhet önmagukban veszélytelen adagok többszöri elszívódésekor.

Bár igen sok idegbénító harcanyag ismeretes, ezek közül a szarin és a „V” anyagok (valamint ezek kétkomponensű, bináris változatai) alkalmazása a legvalószínűbb. A szarin (O-izopropil-metilfluorfoszfonát) színtelen, könnyen párologó, szagtalan vagy enyhén gyümölcsillatú folyadék, sűrűsége közelítőleg a vízzel

⁷⁹ Havai (1998): i. m.

azonos ($1,09 \text{ g/cm}^3$). Nagy fokú illékonyasága következtében elsősorban a légtér szennyezésére alkalmazzák. Hatását mind belégzés útján, mind a bőrön és az emésztőrendszeren keresztül képes kifejteni. Amennyiben az ellenség nem viszkózus keveréket alkalmaz, a szarin rövid időn belül elpárolog a szennyezett fegyverzetről, ruházatról, harci-technikai eszközökről, így azok mentesítésére általában nincs szükség. A szarin vízben lassan oldódik, a vízzel reakcióba lép, hidrolizál, mérgezőképességét viszonylag hamar elveszti. Bomlása lúgok hatására igen gyorsan bekövetkezik, veszélytelen vegyületekké alakul át. A szomán (O-[3,3-dimetil-sec butil]metilfluorfoszfonát) szintelen, majdnem szagtalan folyadék, amely vízben nehezen, apoláros szerves oldószerekben jól oldódik. Toxikus hatásában felülmúlja a szarint. Hatását cseppek és pára formájában fejti ki, bőrre kerülve, belélegezve okoz sérülést, halált. A „V” anyagok a szomán-nál nagyobb mérgezőképességgel rendelkező, maradó idegbénító harcanyagok. Legfontosabb változatát „V_x” fedőnéven rendszeresítették.⁸⁰

A „V_x” (O-etil-S-[N,N-diizopropilaminoetil]metiltiofoszfonát) szintelen, szagtalan, magas forrponútű, olajszerű folyadék. Igen stabil vegyület, hosszú ideig képes szennyezni a terepet, a harci-technikai eszközöket, a vizet. Maradósága néhány naptól néhány hétig, sőt néhány hónapig tarthat. Könnyen felszívódik a szövetekben, gumiban, fában, szerves oldószerekben, kenőzsírokban, a festékekben, a növényzetben.

Hidrolízise igen lassú, csak lúgok esetében gyorsul fel észrevehetően, a klórtartalmú és a savas vegyületek azonban gyorsan bontják. Aeroszolként – belégzés útján vagy cseppalakban, tehát bőrön keresztül – egyaránt hatásos. Veszélyességére jellemző, hogy a szabad bőrfelületre került 2 mg csepp már elegendő egy felnőtt szervezet elpusztítására.

A V_x aeroszoljaival szennyezett fegyverzetet, harci-technikai eszközöket, egyéni ABV-védelmi készleteket a lehető legrövidebb időn belül mentesíteni kell. Az idegbénító mérgező harcanyagokkal történő elszennyeződést követően azonnal meg kell kezdeni a bőr gyors mentesítését, mérgezés esetén a légzés biztosítását, és az ellenanyagot tartalmazó öninjekció – saját vagy bajtársi – alkalmazása mellett a sérültet minél előbb a segélyhelyre kell szállítani orvosi ellátásra.

⁸⁰ Halász–Nagy (2000): i. m.

Az általános hatású mérgező harcanyagok

Legismertebb képviselőjük a hidrogén-cianid, más néven a kéksav. Az I. világháborúban rövid ideig próbálkoztak mérgező harcanyagként terepen történő alkalmazásával, de nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket. Annak ellenére, hogy a legerősebb mérgek között tartjuk számon, alacsony gőznyomása és kis sűrűsége miatt harcászati körülmények között nem sikerült hatásos koncentrációkat tartósan létrehozni.

A hidrogén-cianid (HCN) szintelen, alacsony forráspontú (25,7 °C), ebből következően rendkívül illékony, keserűmandula illatú folyadék. Mérgező hatását úgy fejt ki, hogy a sejtekben akadályozza az oxigén felvételét. Mérgező hatását a légzőközpontok bénításával fejt ki. A sejten belüli oxidációs folyamatokban kulcsfontosságú szerepet betöltő citokróom-oxidáz enzimmel komplexet képez, aminek következtében a sejtek gázcseréje romlik. A központi idegrendszer – és azon belül is a légzőközpont – különösen érzékeny erre a hatásra, ezért a halál általában légzési elégtelenség miatt következik be.⁸¹

A ciánhidrogén, ezenkívül mint idegméreg is és mint anyagcserét zavaró méreg is hat. A sejtek oxigénfelvételének gátlása következtében kialakuló oxigénhiányra az idegsejtek a legérzékenyebbek, így a mérgezés következtében a központi idegrendszer is károsodik.

Kisebb fokú mérgezés esetén a sérült légzése felgyorsul, súlyos légszomj, rágó, görcsös állapot alakul ki, amelyet szédülés, hányinger és fejfájás kísér. A rágógörcsöket követően eszméletvesztés is felléphet. A kómából való felébredést követően bizonytalan, ingatag járás és a reflexek megváltozása jelentkezhet, a központi idegrendszer sérülése következtében. Súlyos mérgezés esetén a halál néhány perc alatt bekövetkezik. A mérgezett néhány másodperc elteltével már nem képes önálló lélegzésre. 20-30 másodpercen belül eszméletvesztés következik be, amely rángatózással is együtt járhat. A légzés egy percen belül megszűnik. Néhány percen belül keringési elégtelenség lép fel.⁸²

⁸¹ Halász-Nagy (2000): i. m.

⁸² Havai (1998): i. m.

Halogén-cianidok

A hidrogén-cianidhoz igen hasonló tulajdonsággal rendelkeznek az úgynevezett halogén-cianidok, amelyek közül gyakorlati jelentősége a klórciánnak van. Az elsőként szintén az I. világháborúban harcba vetett mérgező anyagot a franciák arzén-trikloriddal (AsCl_3) keverve „Vitrite” néven alkalmazták tüzéségi gránátok töltőanyagaként.⁸³

A klórciánmérgezés tünetei a hidrogén-cianid és a fojtó típusú mérgező harcanyagok (például foszgén) tüneteinek kombinációja. A klórcián először serkenti a légzőközpontot, majd kicsivel később bénítja. Nagy koncentráció esetén az expozíciót követően azonnal intenzív irritáció jelentkezik az orrban, a torokban és a szemben, ami köhögéssel, mellkasi fájdalommal, fokozott könnyezéssel jár. Ezt követően a szédülés és a légzési elégtelenség eszméletvesztéshez vezet, és néhány percen belül bekövetkezik a halál.

Bár a hidrogén-cianid és a klórcián igen erős mérgek, előállításuk olcsó, alkalmazásukkal csak korlátozottan számolhatunk, ugyanis nagy fokú illékonyáguk miatt igen nehéz a szükséges töménység megfelelő időtartamú létrehozása terepen, harctéri körülmények között.

A felsorolt általános hatású mérgező harcanyagok csak a légutakon keresztül képesek hatásukat kifejteni, így a gázálc eléréséig védelem ellenük. A szennyezett fegyverzet, terep, harci-technikai eszközök mentesítésére nincs szükség. A maradéktípusú változataik kifejlesztésének lehetősége nagy toxicitásuk és olcsóságuk miatt a jövőben történő felhasználásukat valószínűsíti.

A hólyaghúzó hatású mérgező harcanyagok

A hólyaghúzó hatású mérgező harcanyagok – annak ellenére, hogy mérgező-képességük kisebb az idegbénítókhoz képest – mind a mai napig megőrizték jelentőségüket.

Ennek oka olcsó előállíthatóságukban, nagy fokú maradáságukban, sokoldalú élettani hatásukban rejlik. Az ismert hólyaghúzó mérgező harcanyagok közül – kénmustár, nitrogénmustár, Lewisit, oxigénmustár – a legvalószínűbb a kénmustár „technikai” változatának alkalmazása.

⁸³ Halász–Nagy (2000): i. m.

A mustár típusú vegyületek közül a legmérgezőbb – és a harcéri alkalmazás szempontjából valószínűsíthető – vegyület a kénmustár. 1822-ben szintetizálta Despretz, de a tömeggyártását lehetővé tevő módszerek kidolgozására, valamint harcászati alkalmazási lehetőségei kimunkálására az I. világháború idején került sor William Lommel és Georg Wilhelm Steinkopf vezetésével. Tömeges alkalmazásban vegyi fegyverként 1917. július 12-én vetették harcba Ypernnél. Az új vegyület a korábbiakban alkalmazott mérgező harcanyagokhoz képest nemcsak a légutakon, hanem az egész testfelületen keresztül képes volt pusztító hatását kifejteni. A korabeli francia „Yperite” elnevezése mellett a német „Lost” kifejezéssel is találkozhatunk a szakirodalomban.

A *kénmustár* (2,2'-diklórdietilszulfid) vegytiszta állapotban színtelen, sűrű, magas forráspontú, nehezen illanó folyadék. Mivel nem túl alacsony hőmérsékleten (+10–14 °C alatt) már megdermed, igen gyakran fagyáspontcsökkentő anyagokkal adalékolják. Sűrűsége a víznél valamivel nehezebb: 1,29 g/cm³. A gyártás közben keletkező szennyeződések hatására a kénmustár sárgára színeződik, s jellegzetes, tormára, fokhagymára emlékeztető szúrós szagúvá válik. Vízben gyengén, szerves oldószerekben jól oldódik, igen lassan hidrolizál, a terepen napokig, sőt hetekig megmarad.⁸⁴ Alkalmazható gőz, aeroszol és folyadék állapotban. A kénmustár egyik jellegzetes tulajdonsága, hogy gőzének, aeroszoljaiknak belégzése, a folyadéksepeknek a bőrön vagy az emésztőrendszeren keresztüli felszívódása különösebb ingerhatást nem okoz, a mérgezés tünetei csak hosszabb-rövidebb lappangási idő után jelentkeznek.

A mustárok, így a kénmustár és nitrogénmustárok is alkilálószer, két reaktív klór-etil funkció csoporttal rendelkeznek. Alkilező hatásuk következtében számos, biológiailag fontos molekulát képesek átalakítani.

A mustár típusú anyagok hatása többrétű, a ribonukleinsav (RNS), a fehérjék, a sejtmembránt alkotó komponensek alkilezése, a DNS károsítása, sejtosztódást gátló hatásai miatt citosztatikum (a nitrogénmustárt már 1935 óta törzskönyvezett kemoterápiás szerként alkalmazzák a gyógyászatban), emellett mutagén és sejtméreg is. A mustárok hatásai részben hasonlítanak az ionizáló sugárzások hatásaira, ezért radiomimetikus vegyületeknek is szokás nevezni őket.⁸⁵

A *bőrfelületre került* kénmustár hatásának első tünetei a szennyeződés követő 4–8 órán belül lépnek fel, a bőrön vörös foltok, majd apróbb hólyagok keletkeznek. A bőrpír mellett kialakuló hólyagok 1-2 napon belül összefolynak

⁸⁴ Havai (1998): i. m.

⁸⁵ Kézikönyv az ABV-védelmi műveletek egészségügyi vonatkozásairól (2010): i. m.

nagyobb hólyagokká, megtelnek sárgás folyadékkal és feszülnek. A test egyes területein, például a könyök-, comb- vagy a térdhajlatban megjelenő hólyagok kifejezetten nehezítik a mozgást. A megduzzadt hólyagok sérülékenyek, és általában 2-3 nap múlva maguktól kifakadnak, a helyükön gennyes, üszkös fekély keletkezik, mivel a bőr alatti szövetek sejtjei is elpusztulnak, így a seb hosszú időn keresztül további fertőzések forrása lehet. Ha az elfertőződést sikerül megakadályozni, a sebek 20-30 nap alatt – egyébként 2-3 hónap alatt – gyógyulnak be, durva hegképződés mellett.⁸⁶

A kénmustárgőzők vagy -aeroszokok belégzése után a tünetek 4-6 óra múlva észlelhetők, szúrós fájdalmat okoznak az orrban, a torokban, gyakran a hangszálak károsodása miatt a sérült elveszti hangját. Enyhébb mérgezés esetén az elváltozások néhány napon belül megszűnnek, súlyosabb esetben azonban fekélyes légcsőhurut, tüdőgyulladás lép fel, elfertőződést halálos kimenetelű is lehet. A kénmustár gőzeivel szemben különösen érzékenyek a szemek és a testhajlatok, ezeken a helyeken a gyulladás 2–4 óra után már jelentkezik. A szem érzékenyebb a mustár típusú harcanyagokra, mint a légzőrendszer és a bőr. Az alsó ingerküszöb-koncentrációnál, ahol a mustár szaga alig érzékelhető, kis expozícióval társulva, a légzőrendszerre nem fejt ki érzékelhető hatást, némi látencia elteltével azonban már a szem könnyezni kezd. A szennyezett élelmiszer vagy víz elfogyasztásával az emésztőrendszerbe került kénmustár a nyálkahártya pusztulását okozza, hatása egy órán belül megmutatkozik, erős nyálfolyás, hányás, gyomorfájdalmak, hasmenés formájában. Súlyos esetben az emésztőrendszerben perforáció léphet fel, amely később hashártyagyulladásához vezet. A bőrre került kénmustárcseppek viszonylag egyszerűen hatástalaníthatók aktív klórtartalmú anyagok segítségével, azonban a szervezetbe már felszívódott mérgező harcanyag ellen igazán hatásos ellenszert még nem sikerült kidolgozni. Bár (az I. világháborús adatok alapján) viszonylag kevés sérült elhalálozásával kell számolni, a kénmustár igen súlyos általános mérgezőképességgel rendelkezik, amely – a már ismertetett hámszövetpusztító hatáson túl – a szív, a vérérendszer, az idegrendszer, a máj maradandó károsodását okozza.⁸⁷

A kénmustár ellen a rendszeresített egyéni ABV-védelmi készlet megbízható védelmet nyújt, azonban a szennyezett ruházat, technikai eszközök mentesítését a szennyeződést követően minél hamarabb végre kell hajtani.

⁸⁶ Havai (1998): i. m.

⁸⁷ Kézikönyv az ABV-védelmi műveletek egészségügyi vonatkozásairól (2010): i. m.

A lewisit acilező hatású, mérgező harcanyag, amely arzéntartalma miatt általános mérgező tulajdonsággal és hólyaghúzó hatással is rendelkezik. Mérgező-képesség szempontjából felülmúlja a kénmustárt. A sérülés jellemző tünetei: mellkasi fájdalom, hányinger, hányás, fejfájás, általános gyengeség. A halálos mérgezés eszméletvesztéssel, görcsökkel és a központi idegrendszer bénulásával következik be. A helyi hatás kifejtésekor lappangási idő nélkül hat. A bőrfelületen égető érzés kíséretében kipirosodás, majd hólyagosodás, később gennyes fekély kialakulása tapasztalható.⁸⁸

A fojtó hatású mérgező harcanyagok

A fojtó hatású mérgező harcanyagok a légzőszerveken keresztül hatnak, elsősorban a tüdőt támadják meg, szétroncsolják a tüdőlebenyek léghólyagocskáit és az alsó légutak finom nyálkahártyáit. A ronsolt alveolusok kapillárisaiból folyadék szivárog a tüdő szöveti állományába, és a felhalmozódó folyadék ödémát okoz. A halál tüdővízenyő, tüdőgyulladás, fulladás útján következik be. A fontosabb fojtó hatású mérgező harcanyagok a foszgén, a difoszgén, a trifoszgén, a klór és a klórpikrin.

Bár az I. világháborúban a halálos vegyi sérülések túlnyomó többségét a fojtó hatású mérgező harcanyagok – elsősorban a foszgén és a difoszgén – okozták, napjainkban már nem számítanak korszerű mérgező harcanyagoknak, alkalmazásuk valószínűsége viszonylag kicsi. Klórt és foszgént azonban jelenleg is nagy mennyiségben állítanak elő, ipari felhasználásuk, tárolásuk továbbra is fenyegetést jelenthet a hadművelleti területen található vegyipari objektumok rombolódása következtében. Foszgén megjelenésével továbbá számolni lehet tartós harcászati méretű álcázó ködök létesítése során is, mivel jó néhány katonai alkalmazású ködképző eszközben alkalmazott keverék égésénél keletkezik, az égő ködanyag közelében kifejezetten magas koncentrációban.

A foszgént (COCl_2) 1812-ben fedezte fel John Davy, a szén-monoxid és a klór napfény hatására végbemenő reakciójának eredményeképpen. A vegyületet 1915-től tömegesen alkalmazták a harctereken.

A foszgén szobahőmérsékleten és légköri nyomáson színtelen, a levegőnél nehezebb, rothadó szalmára, avarra emlékeztető szagú gáz. Belégzéskor a szájban fémes, édes íz érződik, majd könnyű szédülés és általános gyengeség

⁸⁸ Balogh Zoltán: *Mérgező harcanyagok kémiája*. Budapest, ZMKMF, 1971.

jelentkezik, a tünetek azonban a szennyezett terület elhagyása után megszűnnek. A sérült állapota a mérgezést követő 4-6 órán belül hirtelen rosszabbra fordul, kínzó légszomj lép fel, amelyet váladékozó, erős köhögés, fejfájás kísér. A foszgénmérgezésnél a legkisebb fizikai megterhelés is a légzési nehézség súlyosbodását okozza, ezért a mérgezett mozgását korlátozni kell. A sérültek gyógyítása igen nehéz, súlyos mérgezés esetén gyakorlatilag reménytelen.⁸⁹

A foszgén a terepen csak rövid ideig marad meg hatásos töménységben, a gázálarc tökéletes védelmet nyújt ellene. Mivel illanó típusú, a szennyezett területről kivont harci-technikai, személyi állomány, fegyverzet mentesítésére nincs szükség.

Az ingerlő hatású mérgező harcanyagok

Az ingerlő mérgező harcanyagokat már az I. világháborút megelőzően is számos alkalommal alkalmazták tömegoszlatásra. Az e csoportba tartozó harcanyagok egy része könnyfakasztó, néhány garat- és toroknyálkahártya-ingerlő hatású, egyesek pedig a szemre, illetve az orr és garat nyálkahártyáira egyaránt hatással vannak.

Az ingerlő mérgező harcanyagok tehát a szemet, az alsó és a felső légutakat támadják. Elsősorban a gázálarccal nem rendelkező személyi állomány ideiglenes harcképtelenné tételére szolgálnak, de bevetésüket célszerűnek ítélik az egyéni ABV-védelmi készletekkel ellátott csapatok ellen is, azok védőeszközökbe kényszerítésére, kifárasztására. Halált általában ritkán, csak igen nagy töménységben okoznak. Gyorsan ható, illanó vegyületek, bár a legtöbb ingerlő mérgező harcanyagnak kidolgozták a maradékból, tartósabb szennyezést okozó változatát is.

A könnyfakasztó anyagok az idegvégződéseken, a szaruhártyán, a nyálkahártyákon és a bőrön fejtik ki hatásukat. Igen sok szerves halogénszármazék rendelkezik ingerlő tulajdonságokkal, ismertebb képviselőik az adamzit, a Clark, a klóracetofenon (KAF), valamint a leghatásosabbnak ítélt „CS” fedőnevű anyag.

A „CS” (2-klór-benzilidén-malondinitril) apró, fehér kristályokból álló, csipős, a paprikára emlékeztető illatú anyag, a légtér szennyezésére alkalmazható aeroszol formában, és az alkalmazási mód befolyásolja a hatást is. Általában a nagyobb aeroszolrészecskék bőrpírt, bőrgyulladást, szemingert, a kisebb részecskék torok-, orr- és garatingert okoznak. Számos országban tömegoszlatásra

⁸⁹ Havai (1998): i. m.

rendszeresített anyag. Gyakorta alkalmazzák a gázlarc zártóságának, illesztésének ellenőrzésére is, ugyanis az alsó ingerküszöb (az orrnyálkahártya nyhe irritációja) a „CS” esetében $0,004 \text{ mg/m}^3$. Rendkívül nagy hatású vegyület, 6 mg/m^3 koncentráció az emberi szervezet számára már elviselhetetlen töménységet jelent. A „CS” aeroszolizálható pirotechnikai eszközökkel, de kijuttatható oldószerben oldva spray formában is. Köd formájában nem sokáig marad meg, de kiüledve különböző felületekre, például ruházatra, onnan párologva további irritációnak teszi ki a szennyezett személyt.⁹⁰

A mérgezés tünetei: heves, égető fájdalom a szemekben, könnyezés, égő érzés, majd fájdalom a torokban és a légcsőben. Az orrban égő érzés, orrfolyás, az orrnyálkahártya bevörösödése, esetenként orrvérzés. Mindezek mellett erős nyálképződés, hányinger, bőrgyulladás. Enyhe expozíciónál szűnni nem akaró tüsszögés jelentkezhet. A tünetek a szennyezett légtér elhagyása után nem azonnal, csak néhány óra után szűnnek meg.⁹¹

A „CS” és a hozzá sok tekintetben közel álló „CR” illékonyága nagy, ezért a terep, a harci technika és a fegyverzet mentesítésére nincs szükség, a szennyeződött személyi állomány mentesítése tiszta vizes zuhanyozással megoldható. Ha a „CS” vagy a „CR” nagy töménységben kerül a ruházatra, akkor azt rövid időn belül le kell cserélni. A szennyezett ruházat önmentesülése a levegő-hőmérséklet függvényében maximum 2 óra múlva végbemegy.

Az ingerlő harcanyagok alkalmazási célja nem a súlyos vagy halálos mérgezés, hanem csak cselekvésképtelenség kiváltása – ennek ellenére magas koncentrációérték esetén (zárt térben, fedezékekben, városi környezetben aluljárókban stb.) kialakulhat halálos mérgezés is.

A pszichotoxikus mérgező harcanyagok

A pszichotoxikus mérgező harcanyagok rendeltetése az agyi idegközpontok ideiglenes bénítása, a szellemi és fizikai képességek átmeneti – általában néhány napig tartó – lelassítása, blokkolása.⁹²

A csoportok tagjainak hatása tulajdonképpen az úgynevezett „kemény” kábítószerekhez, például a heroinhoz hasonlítható. A katonai orvosi szakirodalom

⁹⁰ Halász–Nagy (2000): i. m.

⁹¹ Havai (1998). i. m.

⁹² Halász–Nagy (2000): i. m.

a központi idegrendszert stimuláló anyagokra (például LSD), illetve a központi idegrendszerre ható depresszánsokra (például BZ) osztja fel a pszichotoxikus mérgező harcanyagokat.

1938-ban Arthur Stoll és Albert Hoffmann készítette el a D-lizergsav dietilamidját, azaz az LSD-t. Az LSD pszichotoxikus hatását azonban csak 1943-ban, egy véletlen laboratóriumi mérgezés kapcsán ismerték fel, és kezdték vizsgálni.

Az LSD fokozza az idegi aktivitást. Gátolja a külvilágból érkező információk szelektálását elvégző agyi „szűrőrendszer” működését, ezért a normális esetben sohasem tudatosuló, úgynevezett küszöb alatti ingerek is elérik az integrált központokat, ennek következtében az agy nehezebben birkózik meg az információk fontossági sorrend szerinti szelekciójának, valamint feldolgozásának feladataival.

Az LSD szervezetbe jutását követő 45–60 perc elteltével gyakran hányinger lép fel, egy adott dózis felett pedig zavart állapot jelentkezik, amely sokszor együtt jár érzékszálódással és hallucinációval is. Egyéntől függően az LSD fokozott öntudatosságot, euforikus állapotot, ujjongást válthat ki. Az élményképzetek kaleidoszkópszerűen jelennek meg, ugyanakkor paranoiás téveszmék és – különösen a nagyon befolyásolható egyéneknél – rettegés és extázis is előfordulhat.

A központi idegrendszeri depresszánsok beavatkoznak az idegi ingerületátvitel folyamatába, megzavarják az emlékező-, problémamegoldó, felfogó- és koncentrálóképességet, így az egyént képtelenné teszik az összetett katonai feladatok végrehajtására. A csoport legjellemzőbb képviselője a „BZ” kódnevű vegyület (3-kinuklidil-benzilát). A „BZ” kristályos, színtelen anyag, harci alkalmazása leginkább aeroszol formában valószínű, ilyenkor a légutakon keresztül fejti ki hatását. A mérgezés tünetei a belégzés után 0,5–1 óra múlva jelentkeznek, a mérgezetten szellemi és fizikai képességei lelassulnak, a saját mozgásuk feletti ellenőrzést elvesztik, szédülést, fejfájást éreznek, tájékozódási zavarok lépnek fel. Ezt a periódust, amely általában 8–12 óráig tart, egy igen aktív felindult állapot követi, a sérültek ilyenkor még mindig képtelenek koncentrálni, feladataikat ellátni. A túlzott aktivitás szakasza általában néhány nap.

Az LSD vizuális hallucinációihoz képest a „BZ” hallási, tapintási hallucinációkat is képes kiváltani. Ezek a hallucinációk sokkal élményszerűbbek. A mérgezett személyek a hallucinált élményeket nem tudják megkülönböztetni a valóságtól, ami rendkívül veszélyes helyzeteket teremthet. A sérültet ezért célszerű fizikailag korlátozni cselekvőképességében, nehogy magában vagy másban kárt tegyen.

A „BZ” aeroszoljai ellen a gázálc megbízható védelmet nyújt, azonban figyelembe kell venni, hogy felhasználható diverziós céllal az élelmiszer és a víz szennyezésére is. Nagy fokú stabilitása miatt konyhatechnikai hőkezelés közben nem bomlik el, elfogyasztás után az emésztőrendszeren át felszívódva fejti ki hatását. Az ivóvíz- és élelmiszerkészletek őrzése, ellenőrzése tehát igen fontos. Mentésítésére lúgos oldatokat használunk. A terepet (a talaj hőmérséklete és a növényzettel borítottsága függvényében) 0,5–6 óra időtartamig szennyezi. A szennyeződött ruházat, felszerelés önmentesítési ideje néhány perc, legfeljebb egy óra.

Alkalmazását minden olyan esetben célszerűnek ítélik, ahol hagyományos fegyverek vagy a halálos hatású mérgező harcanyagok alkalmazása nem kívánatos, például fogolyjétés, honi vagy szövetséges területen folyó harctevékenység, egymással összekeveredett saját és ellenséges csoportok szétválasztása stb. esetén.

A növényzetpusztító mérgező harcanyagok

A növényzetpusztító mérgező harcanyagokat alapvetően a természetes növénytakaró elpusztítására, s ezáltal a terep álcázó- és védőképességének csökkentésére, valamint a mezőgazdasági kultúrnövények megsemmisítésére tervezik alkalmazni. Hatásuk jellege alapján lebonthatók *növekedést szabályozó, lombhullató leveleket rászárító és talajsterilizáló* szerekre, azonban éles határvonal nem húzható közöttük, egyrészt mert hatásuk általában összetetten jelentkezik, másrészt mert a növényzet elpusztítására gyakran összetett keverékeket alkalmaznak.⁹³

A csoport legismertebb tagjai az Orange, a Blue és White fedőnevű keverékek, valamint a talajsterilizáló hatású brómacil. Az alkalmazott keverékek hatása rendkívül gyors és tartós.

Az *Orange* sűrű, sötétbarna, vízben oldhatatlan, 7 °C fokon már megszilárduló folyadék, amelyet néha gázolajjal keverve alkalmaznak. Az *Orange* – áthatalva a leveleken – megtámadja a növény keringési rendszerét, majd mintegy egy hét leforgása alatt elpusztítja a növényt. A szennyeződött ruházatot le kell cserélni, a személyi állomány fürdetéssel mentesíthető. A fegyverzetre, eszközökre került *Orange* mosószeres lemosással eltávolítható. Ha beivódott a járművek abroncsaiba, akkor azokat nagy valószínűséggel le kell cserélni. A *Blue* vízben jól oldódó, kristályos, szilárd anyag, a növényzetet azáltal pusztítja, hogy elszívja

⁹³ Simon (1990): i. m.

nedvességtartalmát, elszikkasztja a leveleket és a szárazakat. Hatása az alkalmazást követő második-negyedik napon jelentkezik. Előnyei közé sorolják, hogy a kiszáradt növényzet – még trópusi éghajlati viszonyok között is – igen kedvező feltételeket teremt a gyújtófegyverek alkalmazásához. Mivel a Blue arzént tartalmaz, a bőrfelületről azonnal le kell mosni, a szennyeződött ruházat cseréjét minél hamarabb végre kell hajtani.

A brómacil szintelen, kristályos, nem korrozív hatású talajsterilizáló vegyszer, vízben és gázolajban gyengén oldódik. Alkalmazásának célja, hogy a növényzetpusztítókkal már kezelt területen a talajt terméketlenné tegyék, a növényzet újranövekedését megakadályozzák. Hatását a gyökérzetten fejt ki, nagyobb adagokban nemcsak a fűfélék, hanem a fák, bokrok újranövekedését is képes éveken keresztül meggátolni.⁹⁴

Bár a növényzetpusztító mérgező harcanyagoknak nem a csapatok személyi állománya a hatásterülete, a herbicidek nem veszélytelenek az emberre nézve sem, a veszély nagysága különösen tartós expozíció esetén jelentős. A 2,4-diklór-fenoxi-ecetsav és a 2,4,5-triklór-fenoxi-ecetsav LD₅₀ értéke 300 mg/kg.⁹⁵

A vietnámi háború tapasztalatai azt mutatják, hogy a növényzetpusztító anyagok emberre gyakorolt hatásának megítélésekor nem vették figyelembe, hogy gyártási melléktermékként majd mindegyikükben megtalálható a *dioxin* nevű, rendkívül súlyosan mérgező vegyület. A dioxin igen stabil, csak nagy nehézségek árán hatástalanítható anyag, s emellett, hogy a sérülteken különböző kóros elváltozásokat, néha halált okoz, hatása – születési rendellenességek formájában – az utódoknál is megmutatkozik.⁹⁶

Toxinok

A vegyi fegyverek és a biológiai fegyverek határmezsgyéjén találhatók olyan, egyes magasabbrendű szervezetek, illetve mikroorganizmusok által termelt mérgező vegyületek, amelyek egy része szintetikus úton is előállítható.

A toxinok hatékonysága változó, de némelyek többszörösen toxikusabbak a mérgező harcanyagoknál. A mikroorganizmusoknál gyorsabban hatnak, rendszerint néhány órán belül kifejtik hatásukat. Valószínűsíthető, hogy a mér-

⁹⁴ Havai (1998): i. m.

⁹⁵ Halász–Nagy (2000): i. m.

⁹⁶ Halász–Nagy (2000): i. m.

gező harcanyagokkal megegyező módon alkalmazhatják őket. Néhány erősen mérgező toxint terror- vagy rejtett támadás során kis mennyiségben is alkalmazhatnak.

4. táblázat: Néhány veszélyes toxin

Osztály	Ágens
Toxinok	Aflatoxin
	Botulinum toxin
	Clostridium Perfringens toxin
	Palytoxin
	Ricin
	Saxitoxin
	Staphylococcus enterotoxin B (SEB)
	Tetrodotoxin
	Trichothecene mycotoxin

Forrás: a szerző szerkesztése

1.3.2.2. Alkalmazási eszközök

Az alkalmazás eszközeinek tárháza igen nagy, alapvetően a célba juttató eszköz fajtájának megválasztásában többek között a mérgező harcanyag típusa, maradósága, a cél jellege, távolsága, a védelem szintje, a domborzat, a növényzettel való borítottság, az időjárás, a harcászati helyzet, az alkalmazási cél kaphat szerepet. A mérgező harcanyagokat az ellenség szárazföldi csapatai kézi-, puska-, akna- és tüzérségi gránátokkal, reaktív sorozatvető lőszerekkel, rakéta-robbanófejekkel, továbbá hordozható vagy gépjárműre épített aeroszolfejlesztő generátorokkal és előre telepített aknákkal alkalmazhatja. A légierő célba juttató eszközeit a légi bombák, kazetták, a légi kiöntő készülékek és az aeroszolgenerátorok képezik.⁹⁷

A vegyi fegyverek meghatározó tulajdonsága az, hogy a célterületen a szükséges koncentrációban és mennyiségben létrehozott mérgezőharcanyag-gőzök kiterjedésük révén a csapásterületnél jóval nagyobb területen fejtik ki hatásukat, behatolnak a nem légmentesen zárt létesítményekbe, fedezékekbe, harcjárművekbe, és elpusztítják

⁹⁷ Havai (1998): i. m.

a védelemmel nem rendelkező személyi állományt. Ugyanakkor a maradó típusú mérgező harcanyagok mérgezőképességüket terepen napokig, akár hetekig képesek megőrizni, így a megfelelő védelemmel rendelkező személyi állományt huzamosabb ideig kényszerítve a védőeszközbe, annak kifáradásával, beleértve a pszichikai hatást is, a harci morál és hatékonyság csökkenését is kiválthatják.

Az élőerő pusztítására, valamint a haditechnikai eszközök, a terep elszennyezésére nehezen illanó idegmérgekkel vagy maradó hólyaghúzókkal töltött vegyi bombák alkalmazására lehet számítani.

1.3.3. Biológiai fegyverek

A biológiai fegyver a biológiai harcanyag és a célba juttató eszköz együttesen.

Bolygónkon a természeti szférában sok millió mikroorganizmus él, amelyek nagy része hasznos. Jó néhány közülük éppen testünkben vagy bőrünkön élve hozzájárul szervezetünk egészséges működéséhez. Azokat a mikroorganizmusokat, amelyek az emberekben, állatokban és a növényekben betegségeket okoznak, kórokozó mikroorganizmusoknak nevezzük. Napjainkban mintegy 140-re teszik a szakemberek azoknak a kórokozóknak a számát, amelyek az emberi és az állati szervezetbe, valamint a növényekbe kerülve betegségeket idézhetnek elő.

A biológiai harcanyag olyan mikroorganizmus vagy mikroorganizmus által termelt toxin, amely az emberek, állatok vagy növények megbetegedését, illetve egyes anyagok károsodását okozza.

A biológiai harcanyagok hatásspektruma igen széles. Jó néhányuk a hadseregek személyi állománya és a polgári lakosság ellen felhasználható humán patogén, egyes képviselői az emberek mellett állatokat egyaránt képesek megbetegíteni, ugyanakkor a zoopatogén és fitopatogén kórokozók alkalmazása kifejezetten a mezőgazdasági állatállomány, illetve étkezési vagy takarmányozási céllal termelt monokultúrák ellen képzelhető el. Biológiai fegyvernek tehát az emberi, állati, növényi szervezetek megbetegítésére szolgáló élő kórokozókat (vírusok, baktériumok, rickettsiák, baktériumspórák, mikroszkopikus gombák), ezek toxinjait, továbbá az ezekkel fertőzött rovarokat és állatokat, valamint ezek közvetlen alkalmazási eszközeit nevezzük.⁹⁸

⁹⁸ Havai (1998): i. m.

1.3.3.1. A biológiai fegyver töltetei

A mikrobiális élet szereplői – így a közöttük fellelhető kórokozó mikroorganizmusok – is számos szempontból különböznek egymástól. Méreteik és biológiai sajátosságaik alapján csoportokba rendezetten vírusoknak, rickettsiáknak, baktériumoknak vagy gombáknak nevezzük őket. Ezek az emberi vagy állati szervezetbe kerülve, azok különböző fertőző megbetegedését okozzák.

Vírusok

Vírus: a baktériumnál kisebb, szaporodásra csak élő sejtekben képes kórokozó.

Kis méretük miatt a baktériumszűrőkön is áthatolnak, nagyságuk éppen csak meghaladja a mikroszkópos láthatóság határát, fénymikroszkóppal nem is láthatók (csak elektronmikroszkóppal). A vírusok mérete és szerkezeti felépítése nagyon változó. Egyeseknek kicsi a molekulásúlya, míg más vírusok a nagyon kis baktériumok nagyságát is megközelítik. Egy dolog azonban minden vírusra jellemző: csak egyfajta nukleinsavjuk van, mégpedig vagy dezoxiribonukleinsav (DNS, minden sejt elsődleges genetikai anyaga), vagy ribonukleinsav (RNS).

5. táblázat: Súlyos megbetegedéseket okozó vírusok

Ágens	Betegség
Junin vírus	Argentínai hemorrhágiás láz
Machupo vírus	Bolíviai hemorrhágiás láz
Crimean-Congo hemorrhagic fever vírus	Krími–kongói hemorrhágiás láz
Ebola vírus	Ebola
Hanta vírus	Hantaan-láz
Lassa vírus	Lassa láz
Marburg vírus	Marburg vírusfertőzés
Venezuelan equine encephalitis	Venezuelai ló encephalitis
Variola vírus	Fekete himlő
Rift Valley fever vírus	Rift-völgyi láz

Forrás: a szerző szerkesztése

A vírus nukleinsava fehérjéből álló, jellegzetes geometriai alakzatú tokba (kapszidba) van bezárva. A vírusok egy részének van még egy külső burka is, a nukleinsavat közvetlenül bezáró kapszidon kívül. Ez a burok annak a sejtnak a sejt- vagy maghártyájából származik, amelyben a vírus létrejött.

Egyes vírusok tartalmaznak ugyan enzimet, de ezek egyike sem olyan, amely a vírust önálló anyagcserére vagy éppen szaporodásra képessé tehetné. A vírus addig fertőzőképes, amíg csak lehetősége van a nukleinsav-tartalma bejuttatására a fogékony sejt belsejébe. A vírus szaporodására jellemző, hogy a részecske sejtbe hatolását követően mint alakelem megszűnik létezni, és teljesen egybeolvad a vírus gazdasejtjével, azzal mintegy új biológiai egységet alkot mindaddig, amíg a vírusok új generációja felépül. A vírusok osztódással történő szaporodásáról tehát a sejten belül sem lehet szó. Az újonnan létrejött vírusok a szaporodási ciklus befejeződéséig kikerülnek a gazdasejtből, és újabb sejtek megfertőzésére válnak képessé.

Baktériumok

A baktériumok mikroszkopikus, a környezetünkben mindenhol fellelhető, élő egysejtű szervezetek, legtöbbjük szilárd vagy folyékony táptalajon kitenyészthető. A baktériumok testét citoplazma alkotja, amelyet szilárd sejtfallal, ezen belül puha sejtthártya határol. A citoplazma lipidokat, keményítő és glikogén szemcséket tartalmaz. Ezen belül elkülönül a sejtmag állománya. Egyszerű osztódással szaporodnak. Bizonyos baktériumok, mint például a rickettsia rend tagjai vagy a chlamidia, csak a gazdasejten belül képesek nőni, ezért nem növeszthetők mesterséges táptalajon. A baktériumok által okozott betegségek általában speciális antibakteriális terápiával kezelhetők.⁹⁹

Nagyságuk körülbelül 2–5 nm, de a nem kórokozók között ennél jóval nagyobbak is vannak.

Alakjuk szerint a baktériumok lehetnek:¹⁰⁰

- kokuszok: gömbölyded (labda, zsemle, kávébab) alakúak, és egyedülállóan, kettesével vagy csoportosan helyezkedhetnek el;
- bacilusok: pálcika alakúak, vékonyak, zömökek, piskótaszerűek, vágott végűek, téglához hasonlóak;

⁹⁹ Havai (1998): i. m.

¹⁰⁰ Lányi Béla (szerk.): *Járványügyi és klinikai bakteriológia. Módszertani útmutató*. Budapest, Országos Közegészségügyi Intézet, 1988.

- spirillumok: csavart alakúak, egyetlen félkörnyi görbületűtől a dugóhúzó alakig.

Egyes baktériumfajok spórát tudnak képezni, és ennek köszönhetően hosszú ideig képesek túlélni számukra mostoha feltételeket biztosító környezetben, várva a kedvező körülményekre; kedvezőtlen körülmények között a baktériumtestben gömbölyű vagy ovális alakú spóra jelenik meg, miközben a baktériumtest szétbomlik. A spórának nincs víz-, tápanyag- vagy oxigénigénye, tehát az élet nyugvó formáját képviseli. Néhány kórokozó baktérium (például lépfene, tetanusz) spórája a több percig tartó forralást is jól tűri. A baktériumfajok egy része csillós. Ezek testének végéből vagy az egész testfelületükről vékony szálcscskák nyúlnak ki. A csillók segítségével folyadékban mozoghatnak, másodpercenként akár a testhosszuk ötvenszeresét is megtehetik. Más baktériumoknak nyálkás tokjuk van, amelyek a kórokozókat bizonyos mértékig védik a megtámadott szervezet védekező mechanizmusaival szemben.¹⁰¹

A kórokozó baktériumok zöme a levegő jelenlétében szaporodik, ezek az aerob baktériumok. Vannak olyanok is, amelyekre a levegő oxigénje mérgező hatású, ezért csak a levegő kizárásával, fertőzés esetén a szövetek mélyében szaporodnak, ezek az anareob baktériumok.

A baktériumok alakjuk és táptalajokon történő szaporodásuk (tenyészetük) megfigyelésével, kémiai és szerológiai (antigén) és nukleinsavkimutatás-próbákkal azonosíthatók. Segíti néhány baktérium kimutatását anyagcsere-tevékenységük ismerete, amelynek során specifikusan termelnek bizonyos anyagokat (például ammóniát, kénhidrogént, festékeket és toxinokat) vagy lebontanak (szénhidrátokat, alkoholokat), vagy elfolyósítanak (fehérjéket, vörösvértestet), esetleg agglutinációt váltanak ki.

A baktériumok ellenálló képessége igen változó, egyesek jól tűrik a táplálékhiányt és a beszáradást. Azonban sok függ attól is, hogy milyen anyagban száradnak be. Általában a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hideget is jól tűrik, de a meleggel szemben kevésbé ellenállók, pusztulásuk már $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on megkezdődik (ezen alapul a hővel történő sterilizálás).

Vannak baktériumok, amelyek toxint termelnek. A baktériumok által termelt toxinok exotoxinok vagy endotoxinok közé sorolhatók. Az exotoxin a baktérium anyagcsereterméke (váladéka), az endotoxin pedig csak a baktériumtest széthullása után jut ki a környezetbe.¹⁰²

¹⁰¹ Havai (1998): i. m.

¹⁰² Havai (1998): i. m.

Rickettsiák

Rickettsia: kicsiny, baktériumszerű (jelenleg a tudomány a baktériumokhoz sorolja) kórokozó, intracelluláris (sejten belüli) parazita, amely DNS-t és RNS-t, valamint fehérjeszintetizáló rendszert is tartalmaz. Kórokozója például a Q-láznak, tífusznak, sziklás hegységi foltos láznak.

Rickettsiák, némely jellemzőjük alapján, a baktériumok és a vírusok közöttinek besorolható sejtparaziták. Mivel táptalajon nem szaporíthatók, ezért csak a vírusokhoz hasonló módon tanulmányozhatók. Nagyságuk miatt már fénymikroszkóp segítségével is megfigyelhetők. Alakjuk a baktériumokhoz hasonló lehet, szaporodásuk hasadással megy végbe, azonban csak élő szövetekben, mivel enzimeik a vírusokhoz hasonlóan hiányosak.¹⁰³

A rickettsiák egy része emberre is veszélyes, a kiütéses lázak és a foltos lázak kórokozócsoportjait szokás egymástól megkülönböztetni. A Q-lázat speciális rickettsiabetegségnek tartják. Hazánkban a rickettsiabetegség előfordulása elenyésző, a kiütéses tífuszt kivéve.

6. táblázat: Jellemző patogén baktériumok

Ágens	Betegség
Bacillus anthracis	Anthrax
Brucella spp	Brucellózis
Vibrio cholerae	Kolera
Escherichia Coli	E. Coli fertőzés
Rickettsia typhi	Kiütéses tífusz
Yersinia pestis	Pestis
Coxiella burnetii	Q-láz
Rickettsia rickettsii	Sziklás-hegységi foltos láz
Salmonella spp	Szalmonella
Orientia tsutsugamushi	Bozót tífusz
Francisella tularensis	Tularémia

Forrás: a szerző szerkesztése

¹⁰³ Havai (1998): i. m.

Gombák

A baktériumoktól többek között méretük, differenciáltabb szaporodási módjuk különbözteti meg őket. Nagyrészt többsejtűek, sejtjeik megnyúltak, fonalszerűek. Ezeket a fonalakat hifáknak nevezzük. A gomolyagot képező hifák alkotják a micéliumot (gombatelepet). A gombák ivaros és ivartalan úton szaporodnak, általában lassan, és kedvelik a gyengén savanyú közeget. Biokémiai tulajdonságaikban kevesebb változatosságot mutatnak, mint a baktériumok. Tenyésztésük viszonylag egyszerű. Ellenálló képességük a fizikai és kémiai hatásokkal szemben nagyjából hasonló a baktériumokéhoz. A gombákat alaktani szempontból osztályozzuk.

1.3.3.2. Az alkalmazás eszközei

A biológiai fegyver – sajátosságait tekintve – alapvetően hadászati jellegű pusztító eszköz, amelyet elsősorban nagy tömegek megbetegítésére, harcképtelenné tételére kívánnak felhasználni. A kifejlesztett biológiai harcanyagoknak, fajtájuktól függően, viszonylag változó a lappangási idejük. Ez néhány naptól 5-6 hétig terjed. Ezért a biológiai fegyvert még a harccselekmények kirobbanása előtt (a lappangási idejük figyelembevételével) feltehetően úgy tervezik alkalmazni, hogy a tömeges betegségek a megtámadott (biológiai csapást szenvedett) előerőnél a harccselekmények kirobbanásával egy időpontban kulminálódjanak. Ezért a genetikai kutatások arra irányulnak, hogy ezt a lappangási időszakot minél jobban lerövidítsék, esetleg 24 órára vagy órákra. Ettől a kutatások már nem állnak messze, és sajnos eredményre vezethetnek. A rövid inkubációs idejű ágensekkel töltött biológiai fegyver harcászati szinten is alkalmazható.¹⁰⁴

A biológiai csapás során felrobbanó lőszerből felszabaduló hőenergia hatására a biológiai harcanyag jelentősen károsodhat, ezért a célba juttatás speciális, csökkentett robbanóanyag-tartalmú lőszerrel, illetve cseppfolyós vagy szilárd formában aeroszolizált állapotban a legvalószínűbb.

Az aeroszolfejlesztő eszközök alkalmazásával 1–10 mikron nagyságú, könnyen belélegezhető részecskékből vagy cseppekből álló „láthatatlan” biológiai harcanyag-felhő kialakítása a cél, amely hosszú ideig fenn tud maradni. A tüdőn keresztül végbemenő fertőzés ugyanis a természetes úton, szájon át

¹⁰⁴ Havai (1998): i. m.

történő fertőzéshez képest kisebb dózisban is okozhat betegséget. A betegség lefolyása is eltérő lehet a természetes úton szerzett betegségekhez képest, és a lapangási idő is lehet rövidebb.

A kórokozó mikrobákat és toxinokat cseppfolyós vagy szilárd halmazállapotban is alkalmazhatják. Repülőgépekről biológiai harcanyaggal töltött légi bombákat lehet a célterületre juttatni, rakétaeszközökkel és tűzérsséggel pedig lövedék formájában lehet a biológiai harcanyagot célba juttatni. Ezenkívül víz, élelmiszerek és takarmánydiverzió útján is megfertőzhetők az emberek.

A korszerű hadviselésben az aeroszolos formájú kijuttatás a legkárosabb a hatást elszenvedőre. Ilyenkor a nagy tömegű kórokozót tartalmazó levegő belégzésével akár egyetlen nap alatt is tömeges harcképtelenség alakulhat ki.

Az ilyen alkalmazási mód következtében nagy fokú az expozíciónak kitett személyi állomány inhalációs veszélyeztetettsége. Ez, különösen stabil légköri körülmények, inverzió, illetve izotermia esetén, néhány óráig is eltarthat. A szél irányának és sebességének megfelelően a veszély több kilométerre is kiterjedhet, a pontos terület a kibocsátás intenzitásától és jellegétől függ. A biológiai fegyver hatását befolyásolja a légköri levegőmozgáson túl a nedvességtartalom, az UV-(nap) sugárzás intenzitása és a hőmérséklet is. Harctéri körülmények között a szennyezett terület inhomogén, ugyanis az aeroszolt képző ágensek bizonyos helyeken – mint például épületek, menedékhelyek vagy járművek – hosszabb ideig fennmaradhatnak, még azt követően is, amikor a csapásból származó biológiai harcanyag-felhő már szétterült.¹⁰⁵

A gyógyszeriparban régóta alkalmazott mikrokapszulázási eljárás alkalmazásával a biológiai ágensek bizonyos mértékig védetté tehetők a fenti károsító környezeti hatásokkal szemben, ezzel az alkalmazónak lehetősége nyílik kisebb mennyiségű biológiai töltettel közel ugyanezt a hatásterületet elérni.

¹⁰⁵ Havai (1998): i. m.

2. A CBRN-eszközök elleni védelem és válaszlépések

Az 1993. január 13-án Párizsban megnyitott és 193 ország által aláírt, a vegyi fegyverek kifejlesztésének, gyártásának, felhalmozásának és használatának tilalmáról, valamint megsemmisítéséről szóló egyezmény ellenére a CBRN-védelemre történő felkészülést arra kell alapozni, hogy a nemzetközi egyezményekben a részes államok által vállaltak biztosítékai nem jelenthetnek örök érvényű garanciát a jövőre nézve. A vegyi hadviselés fenyegetése mellett a nem csapásból származó, illetve veszélyes anyagot tartalmazó objektumok hagyományos fegyverek alkalmazása következtében, nem szándékoltan bekövetkező rombolódása miatt kialakuló vegyi veszélyforrásokkal is számolni kell. Majdnem minden ország rendelkezik ugyanis valamilyen vegyipari kapacitással. A termelés, tárolás és szállítás létesítményeiben jelen lévő anyagok is veszélyt jelentenek.

Annak ellenére, hogy Oroszország és az Egyesült Államok több ízben megállapodtak abban, hogy a hadászati robbanófejek és a hordozóeszközök számát csökkentik, a nukleáris leszerelési folyamat lényegesebb fázisaiban mindig felerősödnek a tömegpusztító fegyverek proliferációjával és a nukleáris terrorizmus térnyerésével kapcsolatos aggodalmak.

A NAÜ a radioaktív anyagokkal kapcsolatos eseményeket 2016 óta 3 csoportba sorolva regisztrálja:

- I. csoport: olyan események, amelyek radioaktív anyagok illegális kereskedelméhez vagy bűnös célú használathoz kapcsolódnak vagy valószínűleg kapcsolódnak.
- II. csoport: meghatározatlan szándékú események.
- III. csoport: olyan események, amelyek nem vagy nem valószínű, hogy kapcsolódnak a radioaktív anyagok illegális kereskedelméhez vagy bűnös célú használathoz.

A jelentett lopások és elvesztések elsősorban többek között olyan radioaktív forrásokat érintettek – ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr , ^{60}Co , ^{192}Ir –, amelyek azt mutatják, hogy a források általában hordozható ipari berendezések, amelyek mobilizálhatóságuk miatt egyébként is fokozottan ki vannak téve az eltulajdonítás vagy elvesztés kockázatának.

Fontos cél ezért a nem nukleáris, hanem orvosi vagy ipari célra alkalmazott sugárforrások – amelyek némelyike nagy aktivitású – védelme, illetéktelen

kezekbe kerülve bűnös céllal ugyanis felhasználhatók improvizált radiológiai diszperziós eszközök (IRDE) töltetként terrorcselekmények elkövetésére.¹⁰⁶

A radiológiai diszperziós eszközök (RDE) alkalmazása emberi veszteséggel, gazdasági károkkal és az ezeket nagyságrenddel meghaladó pánikkal járhat. Az RDE hatása különböző tényezőktől, így a meteorológiai körülményektől, a sugárzó anyag típusától és mennyiségétől, a besugárzás időtartamától és a diszperzió módjától függ. A radiológiai támadás következményeit felszámoló katasztrófavédelmi rendszerrel szemben támasztott elsődleges követelmény, hogy képesnek kell lennie a sugárhelyzet, a károk gyors felmérésére, a megfelelő beavatkozó erők és eszközök kijelölésére és mozgósítására, kidolgozott katasztrófavédelmi tervek alkalmazására, szükség esetén módosított terv kidolgozására. Az első beavatkozó erők és a kórházi személyzet felkészítése különösen fontos a sugárszennyezett lakosság kiválasztására, önmaguk és a sérültek sugárvédelmére. Fontos tudatosítani a felkészítés során, hogy a nagyvárosokat ért radiológiai támadás esetén a legnagyobb veszélyt a pánik jelenti. A pánik következtében kialakult kaotikus helyzetben jelentősen megnő a sérültek száma, a kórházakra, egészségügyi létesítményekre hatalmas nyomás nehezedik.¹⁰⁷

A biológiai fegyverek a biológiai hadviselés eszközeinek kutatásával foglalkozó országok kellektárában évtizedeken át jelen voltak. A természetben jelenleg is előforduló vagy véletlenszerűen felbukkanó biológiai fenyegetések kockázata tovább diverzifikálja a biztonsági környezetet. A biológiai ágensek, beleértve a meglévő és a genetikailag módosított kórokozókat is állandó kihívást jelentenek a NATO-műveletek számára, hiszen számolni kell azok ellenség általi alkalmazásával éppúgy, mint véletlen kiszabadulásukkal. Az éghajlatváltozás várhatóan növelni fogja a zoonózisok megjelenésének, illetve azok pandémiás elterjedésének kockázatát. Ez kapcsolódik a tömegpusztító fegyverek elterjedéséhez, mivel bűnös szándékú elkövetők új, a természetben előforduló kórokozókat és toxinokat alkalmazhatnak nem megszokott élőhelyükön.¹⁰⁸

Szakértők szerint a nemzetközi terrorhálózat bizonyos csoportjai is rendelkezhetnek képességgel és szándékkal is a biológiai fegyverek használatát illetően.

¹⁰⁶ Berek Tamás: ABV (CBRN) analitikai laboratórium, mint művelettámogató speciális vegyi-védelmi képesség. *Hadmérnök*, 6. (2011), 1. 131–144.

¹⁰⁷ Pellérdi Rezső: Korunk kihívása a nukleáris terrorizmus. In Mankovits Tamás – Molnár Sándor Károly – Németh Sarolta (szerk.): *Tavaszi Szél konferenciakiadvány*. Budapest, Doktoranduszok Országos Szövetsége, 2007.

¹⁰⁸ NATO (2022. június 14.): i. m.

A SARS-, az influenza- és a Covid-19-világjárvány tapasztalatai pedig rámutattak arra a sebességre, amely az erősen fertőző kórokozók terjedését jellemzi.¹⁰⁹ Egy mesterségesen kirobbantott pandémiás járvány világméretű terjedésének megfékezése viszont csak összehangolt nemzetközi védelmi rendszer működtetésével valósítható meg.

A biológiai kockázatok másik részét jelenti a migráció és a turizmus. Éves szinten a világon mintegy 175 millió fő a migránsok száma, ezen belül Nyugat- és Közép-Európában 36-39 millió főt tesz ki. A belépők többsége ugyan olyan fejlett egészségügyi rendszerrel rendelkező országból érkezik, ahol már felszámolták a korábban nagy járványokat okozó fertőzések forrásait, azonban napjainkban is kialakulhatnak új, ismeretlen járványok, vagy korábban felszámoltak vélt járványok is újból jelentkezhetnek (például SARS-járvány).¹¹⁰

Komoly veszélyt jelenthetnek a biológiai anyagokhoz hozzáférési jogosultsággal rendelkezők által elkövetett visszaélések, amelyek ellen a biológiai biztonság, a biológiai védelem egyes komponensei mellett a szándékos visszaéléssel szembeni védelem elemeit is fejleszteni kell, beleértve a bioetikát is.

A szakértők részéről megfogalmazódik ugyanakkor a biológiai fenyegetés más forrása miatti aggodalom is. A molekuláris biológiai, illetve a genetikai kutatások óriási léptékű fejlődése, illetve annak igénye nyomán új, magas biztonsági fokozatú laboratóriumok számának jelentős növekedése figyelhető meg. Azok, amelyek hiányosságokat mutatnak a megfelelő biológiai biztonsági és biológiai védelmi előírások betartása terén, potenciális veszélyforrást jelentenek. Az utóbbi években számos ország – köztük olyan országok is, amelyek korlátozott mennyiségű erőforrással rendelkeznek – pénzeszközöket különített el magas biztonsági fokozatú laboratóriumok kialakítására. Ez egyfelől több kutató számára lehetővé teszi saját országában a kutatást olyan veszélyes kórokozókkal (például SARS-koronavírus, vérzéses lázat okozó vírusok), amelyekhez a hozzáférés korábban korlátozott és nehézkes volt, másfelől azonban kockázatot is hordoz magában azokban az országokban, amelyek nem tudnak gondoskodni – elsősorban pénzügyi okokra visszavezetve – a veszélyes létesítmények hosszú

¹⁰⁹ United Nations: *National Preparedness against Biological Threats*. BWC/MSP/2010/MX/ WP.13. 2010.

¹¹⁰ Csepregi Péter et al.: Biológiai kockázatokkal és veszéllyel jellemezhető anyagok detektálása valós idejű módszerekkel a jelenlegi technológiák áttekintése és hatékonyságuk elemzése az azonosítás és fertőződés valószínűségének szempontjából. *Polgári Védelmi Szemle*, (2010). 101–117.

távú fenntartásáról, és/vagy nem nyújtanak megfelelő laborbiztonsági képzést az alkalmazottak számára.¹¹¹

Laboratóriumi baleset és veszélyes biológiai anyag kiszabadulása tehát nem kizárólag szándékos illetéktelen tevékenység vagy szabotázs miatt következhet be, a laboratóriumokban alkalmazott helytelen gyakorlat vagy a fertőző anyagok nem megfelelő csomagolása és szállítása miatt is megtörténhet veszélyes anyag véletlen kiszabadulása.

A BTWC hatodik felülvizsgálati konferenciáján fogalmazódott meg aggodalom az etnikai fegyverek gyártására és használatára vonatkozóan. A felülvizsgálati konferencián néhány további olyan, a biztonságot fenyegető körülményt tártak fel, amelyeket érdemes megemlíteni.

Akár a véletlen, akár a szándékos – ideértve a terrorista cselekményeket – CBRN-incidens bekövetkezését tekintjük, el lehet mondani, hogy bár világszerte nem túl sok esemény fordul elő, a lehetséges következmények különösen súlyosak.

2.1. A megelőző védelem mint a fenyegetésre adott válaszlépés

A nukleáris biztonság fokozása érdekében az Európai Közösségek Bizottsága 1999. november 16-án határozatot hozott az Európai Atomenergia Közösségnek (Euratom) a nukleáris biztonságról szóló 1994. évi egyezményhez történő csatlakozásáról.¹¹² A NAÜ Kormányzótanácsa pedig 2005 szeptemberében nyitotta meg aláírásra a nukleáris terrorcselekmények visszaszorításáról szóló nemzetközi egyezményt, amely 2007 júliusában lépett hatályba.¹¹³

A „Biztonságos Európa egy jobb világban” elnevezésű európai biztonsági stratégia, valamint a tömegpusztító fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló EU-stratégia célkitűzései megvalósulásának egyik feltételeként a gyors információáramlást biztosító mechanizmusok kiépítésének szükségessége a CBRN-kihívások kezelésével foglalkozó nemzetközi konferenciák egyik

¹¹¹ Berek Tamás – Pellérdi Rezső: ABV (CBRN) kihívásokra adott válaszlépések az EU-ban. *Bolyai Szemle*, 20. (2011), 2. 55–72.

¹¹² Office of Nuclear Security International Atomic Energy Agency: *Convention on Nuclear Safety*. IAEA, 2022.

¹¹³ Office of Nuclear Security International Atomic Energy Agency: *New Convention Against Nuclear Terrorism Bolsters Global Framework*. IAEA, 2022.

állandó napirendi pontját képviselte és képviseli a mai napig. A nemzeti hatóságok és a nemzetközi szervezetek közötti pontos és valós idejű, hiteles adatokat biztosító kommunikáció mellett alapvető követelmény a CBRN-veszélyek gyors felismerése és beazonosítása.

A szakértők számításai alapján a CBRN-események bekövetkezése vagy annak közvetlen veszélye, illetőleg az ehhez kapcsolódóan kialakuló helyzet kezelése meghaladhatja az adott ország reagálási képességét, akár a katasztrófavédelmi, polgári védelmi mechanizmust, akár bármely egyéb, az elhárításban részt vevő szervezet tevékenységét tekintjük. A helyzet kezelése okán megvalósított nemzetközi együttműködés kulcsfontosságú. Ennek sikere érdekében a helyzetfelismerésben, felderítésben és az elhárításban részt vevő szervezeteket fejleszteni kellett annak érdekében, hogy katasztrófavédelem esetén segíteni tudják egymás tevékenységét. Az ennek eredményeként létesített gyorsreagáló rendszerek közül néhány látható az 1. táblázatban.

1. táblázat: Az Európai Unió gyorsreagálási rendszerei

Szervezet	Felügyelt terület, rendeltetés
ERCC (Emergency Response Coordination Centre)	Országok közötti kölcsönös segítségnyújtás
ECURIE (European Community Urgent Radiological Information Exchange)	Radiológiai veszélyhelyzet kezelése
RAS BICHAT (Rapid Alert System for Biological and Chemical Attacks and Threats)	Biológiai és vegyi támadás, illetve annak veszélye kezelése
RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed)	Fogyasztók egészsége az élelmiszerek és takarmányok vonatkozásában
EWRS (Early Warning and Response System)	Fertőző betegségek kitörésének jelzése és riasztás
EUROPHYT (European Network of Plant Health Information)	Növényegészségügyi hálózat
ADNS (Animal Disease Notification System)	Állategészségügy

Forrás: a szerző szerkesztése

Az Európai Unió a CBRN-kockázatok kezelésének érdekében uniós szintű készültségi és elhárítási terveket dolgozott ki, és a kockázatokkal szembeni felkészültség és reagálóképesség megerősítése érdekében elhatározás született többek között a válságkezelésre vonatkozó intézkedések és stratégiák kidolgozásáról és az Európai Unió országait összekapcsoló kommunikációs rendszerek létrehozásáról.

Az információ gyors továbbítása a megfelelő koordinációs központba elengedhetetlen. Katasztrófhelyzetben az érintett ország nemzeti hatóságai segítségnyújtás iránti kérelmet nyújthatnak be a Veszélyhelyzet-reagálási Koordinációs Központhoz (ERCC). A 2013 májusában létrehozott Veszélyhelyzet-reagálási Koordinációs Központ a korábbi Megfigyelési és Tájékoztatási Központ (MIC) utóda és az EUPCM (az uniós polgári védelmi mechanizmus) műveleti központja. A teljes körű, napi 24 órában és a hét minden napján elérhető rendszer révén az ERCC biztosítja az operatív támogatást, valamint az integrált helyzetértékelést és elemzést megkönnyítve a katasztrófareagálást.

A tagállamokkal történő együttműködés lehetővé teszi a rendelkezésre álló eszközök nyilvántartását és az EU katasztrófareagálási erőfeszítéseinek támogatását azzal, hogy a felkínált segítséget a katasztrófa sújtotta országok szükségleteivel párosítja. Az ERCC így információs központ és az uniós tagállamoktól érkező támogatási kérelmek bemeneti pontja is egyben. Ezenkívül az ERCC technikai támogatást is nyújthat, és kis létszámú szakértői csoportokat küldhet a segítségnyújtás összehangolása és a nemzeti hatóságokkal vagy nemzetközi szervezetekkel való kapcsolattartás céljából.¹¹⁴

Az Európai Unió az esetleges CBRN-eseményekre azonnali, EU-szintű reagálóképességének fejlesztése érdekében sürgősségi és válsághelyzeti koordinációs intézkedéseket dolgozott ki, amelyek megvalósítási hátterét az EU Helyzetelemző Központja biztosítja. A bekövetkező CBRN-esemény kezelésében az általános sürgősségi riasztórendszer, az „ARGUS” válságkezelő rendszer biztosítja a gyors döntéshozatalt és az információk megosztását olyan érintett szolgálatok és sürgősségi riasztási rendszerek között, mint például az ECURIE¹¹⁵ (radiológiai vészhelyzet korai figyelmeztető és gyorsreagáló rendszer), az EWRS¹¹⁶ (a fertőző betegségek korai figyelmeztető és gyorsreagálási rendszer), a RAS-BICHAT¹¹⁷ (biológiai és vegyi terrorizmusra vonatkozó riasztórendszer), az ECDC¹¹⁸ (Európai Betegségmegelőzési és Járványvédelmi Központ), az EFSA¹¹⁹ (Európai Élelmiszerbiztonsági Ügynökség) és az Europol (Európai Rendőrségi Hivatal).

¹¹⁴ Európai Bizottság: A Bizottság jelentése az Európai Parlamentnek és a Tanácsnak az EU segítségnyújtási és polgári védelmi politikájáról, valamint azok 2013. évi végrehajtásáról. COM(2014)537 (2014. augusztus 28.).

¹¹⁵ ECURIE: European Community Urgent Radiological Information Exchange.

¹¹⁶ EWRS: Early Warning and Response System.

¹¹⁷ RAS BICHAT: Rapid Alert System for Biological and Chemical Attacks and Threats.

¹¹⁸ ECDC: European Centre for Disease Prevention and Control.

¹¹⁹ EFSA: European Food Safety Authority.

Az ARGUS ugyanis egy olyan általános biztonsági sürgősségi riasztórendszer, amelynek alapja egy belső kommunikációs hálózat, amely az Európai Bizottság főigazgatóságai és szolgálatai számára válsághelyzet esetén lehetővé teszi a legfontosabb információk megosztását. Az ARGUS-hálózat segítségével a kapcsolódó tagok valós időben tudnak megosztani olyan releváns információkat kibontakozó és aktív válságokról, amelyek hatékonyan támogatják a reagálás koordinációját.

Az EWRS egy informatikai rendszer, amely lehetővé teszi a tagállamok számára a riasztást az Európai Uniót érintő eseményeket illetően, és az információcseré mellett közös intézkedések megtételét. A rendszer már a korábbi SARS- és H1N1-megbetegedések alkalmával is sikerrel működött.

Az ECDC-t 2005-ben hozták létre a különböző fertőző betegségek által képviselt veszélyek kockázatának megállapítása és értékelése céljából.

Az Európai Bizottság egyébként az EU Egészségügyi Biztonsági Bizottsága (HSC) segítségével hangolja össze az egészségbiztonsági intézkedéseket az Európai Unióban. A Bizottságban valamennyi uniós tagállam képviselteti magát, és alapvetően az általános felkészültséggel, az influenzával, valamint a CBRN-kockázatokkal foglalkozik. A HSC tesz javaslatokat CBRN-veszélyek, valamint a jelentős egészségügyi veszélyek – például a járványos influenza – esetére, és folyamatosan nyomon követve az eseményeket, tervezi a kapcsolódó munkálatokat.

A közös EU-s CBRN-szakpolitika ugyanis célul tűzte ki, hogy közösségi intézkedések révén csökkenteni az Európai Unió polgárainak váratlan CBRN-események miatti veszélyeztetettségét, valamint az ilyen események miatt fellépő károkat.

2008 februárjában EU-s CBRN-munkacsoport alakult, amelynek zárójelentését 2009 januárjában tették közzé. Ebben 264 külön ajánlásban fogalmazták meg a teendőket, illetve a meglévő problémák leghatékonyabb kezelési módját.

A CBRN-munkacsoport a konkrét problémák értékelése alapján a megelőzéssel, felderítéssel és felkészültséggel kapcsolatosan többek között megállapította, hogy „számos CBRN-anyagot viszonylag könnyű megszerezni és fegyverre alakítani”.¹²⁰

Az Európai Közösségek Bizottsága a vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris biztonság Európai Unión belüli megerősítéséről 2009-ben kiadott közleményében meghatározott intézkedései között szerepel többek között a CBRN-anyagok

¹²⁰ Európai Bizottság (2009): i. m.

megfelelő védelmének biztosítása és a nem megfelelő célra történő megszerzésük lehetőségének korlátozása, valamint a felderítő rendszerek fejlesztésének és alkalmazásának tökéletesítése az egész unióban.¹²¹

A munkabizottság egyébként – többek között – a következő területeken foglaltatott megfelelő intézkedések révén látja a hatásvizsgálatban megfogalmazott problémakörök terén az eredményesség megvalósulását:

- a CBRN-anyagok hatékonyabb engedélyezése, nyilvántartása és szállítási ellenőrzése;
- a fenyegetettség szintjére, lopásokra, hiányokra és váratlan eseményekre vonatkozó jobb kommunikáció és információcsere;
- a CBRN-anyagok szállításának fokozott ellenőrzése;
- a veszélyes CBRN-forrásokra irányuló fokozottabb figyelem.

Az Európai Bizottság a biológiai biztonság fokozása érdekében felvette az EU különleges anyagokat tartalmazó jegyzékébe, és 2003 júniusától kötelező ellenőrzés alá vonta a *Bacillus anthracis* (lépfene), *Francisella tularensis* (tularémia), *Coxiella burnetii* (Q-láz) és *Variola major* (fekete himlő) kórokozókat, a 2003. július 17-i 2003/534/EK bizottsági határozatban pedig megadta a kórképmeghatározásokat. Továbbá az egészségbiztonsági intézkedések egységesítése érdekében az EU illetékes nemzeti hatóságai számára döntéshozatali algoritmust dolgoztak ki. Így a lépfene, a himlő, a botulizmus, a pestis, a tularémia, a vírusos haemorrhagiás láz, a brucellózis, a Q-láz, az encephalitis, a takonykór és a melioidosis szakértői értékelése alapján a betegségek felismerésére és kezelésére vonatkozó klinikai útmutatót állítottak össze és adtak ki.

Az Európai Tanács 2008/307/KKBP együttes fellépésében az Egészségügyi Világszervezet által laboratóriumi biológiai biztonság és biológiai védelem területén végzett tevékenységeknek a tömegpusztító fegyverek elterjedése elleni EU-stratégia keretében történő támogatásáról kiemeli, hogy a BTWC hatodik felülvizsgálati konferenciáján olyan nemzeti intézkedéseket sürgettek a résztvevők, amelyek a laboratóriumokban és más létesítményekben található mikrobiológiai vagy egyéb biológiai anyagok és mérgeanyagok biztonságának és védelmének biztosítására – szállításuk során is –, valamint az ilyen anyagokhoz és mérgeanyagokhoz való illetéktelen hozzáférésnek és azok eltulajdonításának megakadályozására irányulnak.¹²²

¹²¹ Európai Bizottság (2009): i. m.

¹²² Berek–Pellérdi (2011): i. m.

A CBRN-cselekvési terv a védelmi munkák három fő területét irányozza elő:

- megelőzés: a veszélyes CBRN-anyagokhoz való jogosulatlan hozzáférés lehető legnagyobb mértékű megnehezítése;
- ABV-felderítés: képesség a CBRN-anyagok megtalálására a váratlan CBRN-események megelőzése és kezelése érdekében;
- felkészültség és reagálás: a hatékony válaszadás képessége a CBRN-anyagokat is érintő váratlan eseményekre, valamint képesség az ilyen eseményt követő lehető leggyorsabb helyreállításra.¹²³

A biológiai és toxinfegyverekről szóló egyezmény (BTWC) 2021-es felülvizsgálati konferenciáján megállapították, hogy továbbra is szembe kell nézni az egyre nagyobb ütemben gyorsuló tudományos és technológiai fejlesztések eredményeivel, ideértve a Covid-19-világjárványhoz kapcsolódó sokrétű kihívásokat is.

Az élettudományok területén elért eredmények bűnös célú felhasználásának kockázatával kapcsolatos aggodalmak rendre napirendre kerülnek a BTWC felülvizsgálati konferenciáin, ugyanúgy, mint a biológiai biztonság kihívásai. A biológiai biztonság fontos és egyben elengedhetetlen alapkövetelménye az etikus magatartás, a bioetika.

Az orvos- és biológiai tudományok fejlődése óriási lehetőségeket teremt, egyebek mellett a humángyógyászat és az élelmiszer-biztonság területén olyan eredmények elérésére, amelyek az emberiség javára válnak, ugyanakkor ezekkel az eredményekkel vissza is lehet élni, különösen a biológiai fegyverek fejlesztése terén.

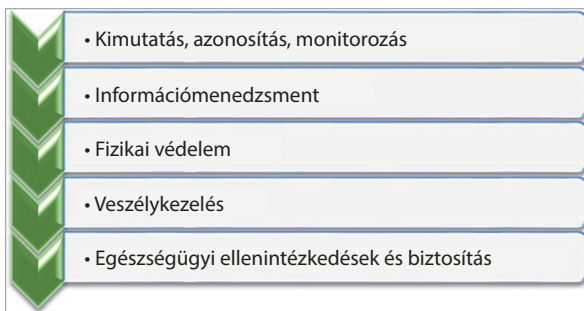
Bár a Covid-19-világjárvány gazdasági és humanitárius hatásai ráirányították a részes államok figyelmét a pandémiás fertőző betegségek jelentette fenyegetésre (akár természetes, akár gondatlanságból, akár szándékosan előidézett kitérősről van szó), a járvány negatív hatásainak köszönhetően a részes államok számára nehezebb elkülöníteni az egyezmény nemzeti végrehajtásához szükséges forrásokat. A biológiai biztonság erősítése céljából és a BTWC nemzeti végrehajtásáról szóló aktuális információk rendelkezésre bocsátása érdekében az Egyesült Államok egy felhasználóbarát, a részes államok számára hozzáférhető online platformot fejleszt, amely gyakorlatilag tárháza lesz a BTWC részes államok által hozott nemzeti végrehajtási intézkedéseknek és egyéb jó gyakorlatoknak. A részes államoknak így lehetőségük lesz a többi részes állam jogszabályi rendelkezéseit megvizsgálni, esetleg adaptálni azokat a saját jog-

¹²³ Európai Bizottság (2009): i. m.

szabályi és szabályozási rendszerükbe, vagy a megismert rendelkezések alapján felülvizsgálni azt.¹²⁴

2.2. Az ABV-védelem válaszlépései a CBRN-anyagok felderítése területén

Az ABV-védelem feladatai egymástól jól elkülöníthető öt területre csoportosíthatók, amely funkcionális területek alapját az ABV-védelmi irányelvek, az ABV-védelmi doktrína, a képességek, az eljárások, a szervezetek és a kiképzés képezi. Az ABV-védelem öt fő funkcionális területe a következő:



1. ábra: Az ABV-védelem feladatai

Forrás: a szerző szerkesztése

2.2.1. Kimutatás, azonosítás, monitorozás

Az ABV-fegyverek alkalmazásakor, nukleáris és vegyipari katasztrófák bekövetkezésekor nagy területek válhatnak ABV-szennyezetté. A csapatok által végrehajtott detektálást, azonosítást és monitorozást összefoglaló néven ABV-felderítésnek nevezzük.

Tág értelmezésben az ABV-felderítés olyan elvek, doktrínák, felszerelések és eljárások összessége, amelyek biztosítják ABV-események detektálását, a CBRN-(harc)anyag azonosítását, a szennyezések kiterjedésének

¹²⁴ U.S. Project to Strengthen BWC National Implementation: An Offer of Assistance. BWC/MSP/2020/MX.3/WP.2. 2021. október 21.

meghatározását, illetve a bekövetkezett változások ellenőrzését annak érdekében, hogy a katonák és csapatok elkerüljék vagy minimalizálják a kezdeti és visszamaradó hatásokat.¹²⁵

Közelebbről megvizsgálva a kérdést, egyértelmű feladatokkal találkozunk: a csapatok személyi állományának megóvása érdekében szükséges a mérgező és sugárzó anyagok jelenlétének, a vegyi és sugárszennyezett területek elhelyezkedésének, várható tényleges következményeinek gyors megállapítása. Ehhez az alegységeknek ABV-felderítést kell végrehajtaniuk, amelynek végrehajtásához vegyi, illetve sugárfelderítő eszközökkel vannak ellátva. Az eredményes harcvezetés és a káros következmények elkerülése érdekében szükségesek a vegyi-védelmi eszközök a hatékonyság és gyorsaság biztosítására.

Az ABV-felderítés célja az CBRN-veszélyek jelzése és azonosítása. Az ABV-detektálás nem más, mint az ABV-harcanyagok jelenlétének meghatározása bármely eszközzel. Az egyik legfontosabb elem ezek közül a vegyifelderítő detektor. A mérgező harcanyagok és veszélyes ipari anyagok kimutatása megkövetelt a csapatok riasztása érdekében.

Az elkövetkező évtizedek biztonsági környezetének állapotát több más meghatározó tényező mellett a CBRN-fegyvereken, -eszközökön kívül békés célú ipari vagy kutatási kapacitások nem kellően „örzött” vegyi, biológiai vagy nukleáris összetevőinek bűnös szándékú felhasználása is ronthatja. A katonai műveletek környezetét a katonai, valamint a polgári célú veszélyforrások egyaránt jellemzik.

Akár véletlen, akár szándékos – ideértve a terrorista cselekményeket – CBRN-incidensekről beszélünk, ki lehet jelteni, hogy bár világszerte nem túl sok ilyen esemény fordul elő, a lehetséges következmények különösen súlyosak. Hatásainak enyhítéséhez elengedhetetlen a CBRN-események korai felismerése, valamint a gyors és hatékony válaszreakció, amelyeknek feltétele a veszélyeztető ágens kimutatása és azonosítása.

A megelőzés területén továbbra is alapvető feladat marad annak megakadályozása, hogy illetéktelenek (akár terroristák vagy más bűnözők) jogszerűen előállított és felhasznált CBRN-anyagokhoz hozzáférjenek. A CBRN-felderítés terén a felderítési és azonosítási kapacitások és képességek javítása, a felkészültség

¹²⁵ *ABV-védelmi alegységparancsnoki kézikönyv*. MH Szárazföldi Parancsnokság, 2004; *ABV-védelmi jártasság NATO szabvány szerinti követelményei*. MH Szárazföldi Parancsnokság, 2004.

és reagálás terén pedig a folytonos információáramlás biztosításának igénye fogalmazódik meg CBRN-vészhelyzetek bekövetkezése esetén.¹²⁶

A CBRN-anyagok felderítésének pedig alapvető követelménye megfelelő detektorok alkalmazása, amelyek kiválasztásának elsődleges kritériuma a felderítés céljainak, valamint feladatainak meghatározása.

A műveleti területen folytatott tevékenység hatásfokát, illetve sikerességét jelentősen befolyásolja – sok egyéb tényező mellett – az ABV-fenyegetettség szintje. A harci kötelék védelme érdekében a parancsnoknak meg kell határoznia a személyi állományra vonatkozó védelmi szintet, és megfelelő védelmi rendszabályokat kell bevezetnie.

A parancsnoknak az ABV-helyzettől függően kényszerű módon olyan intézkedéseket kell meghoznia, amelyek csökkentik személyi állományának harcképességét, harci morálját, ezen keresztül veszélyeztethetik az általa kitűzött cél elérését. Ha a szennyezett terepszakaszon a huzamosabb ideig tartó tevékenység elkerülhetetlen, akkor a parancsnoknak meg kell fontolnia az esetleges könnyítő rendszabályok bevezetését, amelyek igen gyakran korlátozottak. Döntésének megalapozása és igazolása érdekében pedig ABV-felderítést kell végezni.

Az alegységek számára rendszeresített ABV-felderítő eszközök elsődleges információi kezdeti tájékoztatást biztosítanak ugyan a műveleti területen bevett ABV-fegyverek alkalmazásáról, a pontosabb azonosítás és a szennyezett terepszakasz behatárolása érdekében elrendelt ABV-felderítés azonban hosszadalmasabb feladat.

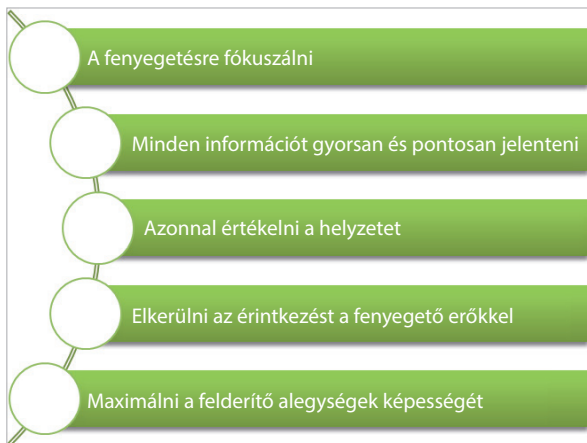
2.2.2. Az ABV-felderítés célja, alapelvei

A CBRN-csapások, -kibocsátások tényéről és a kialakuló veszélyekről a felderítés szolgáltató vizuális és más módszerekkel gyűjtött információkat. A felderítés magában foglalja az értékeléshez szükséges meteorológiai adatok gyűjtését is. A műveleti területről származó szerteágazó ABV-információk megszerezése és értékelése tehát összetett feladat. Még az azonos területről származó műszerek felderítési adatok is eltérhetnek egymástól a kezelők tevékenységének, valamint a szennyeződés heterogén jellegének köszönhetően, a vizuális megfigyelési eredményekről nem is beszélve.

¹²⁶ Berek–Pellérdi (2011): i. m.

ABV-esemény bekövetkeztekor, illetve annak gyanúja esetén az ABV-s felderítő alegységeknek az általuk begyűjtött adatokat egységesített formában kell jelentésként elküldeni a feladatot elrendelő parancsnok, valamint a területileg illetékes CBRN-értékelő alközpont felé.

Az ABV-felderítést – céljai teljesülése érdekében – egységes alapelvek mentén kell végrehajtani. Az alapelvek a 2. ábrán tanulmányozhatók.



2. ábra: Az ABV-felderítés alapelvei

Forrás: a STANAG 2112 alapján a szerző szerkesztése

Az ABV-felderítés minden területen történő folyamatos végrehajtása kivitelezhetetlen, így a műveleti terület kulcsfontosságú pontjaira kell hogy koncentrálódjon. Az ABV-felderítést célszerűen azokra a területekre kell összpontosítani, ahol az ellenség várhatóan ABV-fegyvert alkalmazhat, valamint ahol valamilyen ABV-esemény várható. Bár az ABV- és a felderítő törzs egyebek mellett meghatározza azokat a területeket a felelősségi körzeten belül, ahol a fenti incidensek előfordulhatnak, a szennyezett terepszakasz behatárolásának időigényét egyértelműen befolyásolják az alkalmazott detektorok műszaki jellemzői.

Az összefegyvernemi egységek műveleteinek végrehajtását ABV-környezetben az alegységek nem szervezetszerű ABV-védelmi szervezetei – a másodlagosan kiképzett katonákból álló ABV-felderítő rajok – nem képesek kizárólagosan biztosítani. Az ABV-fegyverekkel mért csapások és a nem csapás eredetű ABV-incidensek paramétereinek megállapítására, az információk és a minták

összegyűjtésére, a várható ABV-szennyezések felderítéssel történő pontosítására, illetve az abban bekövetkezett változások nyomon követésére, a szennyezett területek megjelölésére, elkerülő utak kijelölésére, előrevonási, hátraszállítási és harántutak, továbbá a csapatok vezetési pontjainak, elhelyezési, összpontosítási, várakozási körleteinek folyamatos ABV-felderítésére támogató szakterő kapacitása szükséges.

2.2.3. Speciális képességű kikülönített ABV-felderítő szervezetek alkalmazása művelettámogató elemként

A háborús és nem háborús katonai műveletek ABV-támogatása feltételeinek vizsgálata a vegyvédelmi szakmai követelmények, valamint a műveletek tervezési követelményei, illetve végrehajtása kapcsolatrendszerében szintén nagy fontosságú.

Az ABV-fenyegetettség megfelelő időben történő pontos felmérése és az információk értékelése a parancsnok döntéseinek alátámasztása érdekében kiemelt jelentőségű. Az ABV-felderítés során megszerzett adatok képezik ezen információk körét. Napjainkban a parancsnokok és törzseik igénylik a műveleteket támogató speciális ABV-védelmi képességeket, művelettámogató elemként alkalmazva azokat ABV-fegyverek alkalmazásának veszélye, illetve ABV-környezetben végrehajtott műveletek során.

A katonai műveletek ABV-környezete meghatározza azt, hogy a jövő műveleteit a részt vevő erők ellen irányuló ABV-fegyverek alkalmazásának kockázatával kell tervezni és vezetni. Mindezek mellett a rombolódott ipari üzemekből és nukleáris létesítményekből is egészségre ártalmas anyagok szabadulhatnak ki. Következésképpen az erőinknek nem csak a hagyományos támadásokkal szembeni védelemre kell felkészülniük.

A korszerű harc erősen manőverező jellegű. A csapatokkal folytatott manőverek alapvető célja a kedvező feltételek megteremtése a csapás és a tűz kiváltásához, illetve a saját csapatok megóvása az ellenség csapásától és tüzetől. A korunk kihívásainak megfelelő hadviselési elveknek megfelelően a korszerű harcot az alapvetően jellemző nyitott szárnyak és széles hézagok, valamint a csapatok nagy fokú mozgékonyasága együtt teremti meg a kedvező feltételeket a harcászati sikert lehetővé tevő manőverek kifejlesztéséhez.¹²⁷

¹²⁷ Berek Lajos: Manőverek a korszerű harcban. *Hadmérnök*, 1. (2006), 1.

Az ABV-fegyverek alkalmazása a pusztító tényezőkön kívül – a manőverező-képesség korlátozásával – közvetlenül a műveletet vezető parancsnok lehetőségeit csökkenti le, éppen ezért az ABV-helyzetről érkező információk fontos szerepet töltenek be a parancsnok harcászati helyzetértékelésében.

A kritikus információ főbb jellemzői:

- helyzettől függő, előre prognosztizálható;
- időérzékeny;
- parancsnok által alkalmazott, megjelölt;
- láncszemet képez a jelen és a jövő között;
- szóban, meghatározott eszközökön továbbítható.¹²⁸

Azok a hadművelleti területről érkező és az ABV-helyzetet jellemző információk is idesorolhatók, amelyek megszerzéséhez a szervezetszerű, másodlagosan kiképzett, illetve alárendeltségbe utalt támogató vegyvédelmi alegységek alkalmazása szükséges. A parancsnok rendelkezésére álló erők és eszközök azonban korlátozottak, így az ABV-felderítést végrehajtó művelettámogató elemek differenciálása elengedhetetlen.

Az urbanizált környezetben végrehajtott műveleteket az ipari létesítményekből, akár azok hagyományos fegyverek általi rombolódása következtében, veszélyes ipari anyagok kiszabadulásának kockázata is terheli. A városi harc gyors és nagy intenzitású műveletei vezetése számára szintén alapvetők az ABV-helyzetre vonatkozó információk, és ne feledkezzünk meg arról sem, hogy a tüzekkel, torlaszokkal, sűrű füsttel jellemezhető városi harci környezet az ABV-felderítő alegységek tevékenységét is nehezíti.

A parancsnok feladattisztázása során az előljáró harcfeladatra vonatkozó elgondolásának elemzése mellett a „tények és tényezők” vizsgálatakor a feladat vételéig rendelkezésre álló adatokat kell vizsgálni. A hadszíntér felderítő előkészítése során az ABV-fenyegetettség értékelése, az ABV-sebezhetőségi analízis és a terep ABV-védelmi szempontú értékelése érdekében intézkedni kell a szükséges információk beszerzéséről, a másodlagos kiképzésű vagy a támogató elemként alárendeltségbe utalt ABV-felderítő szakalegység felderítő alkalmazásáról. Az ABV-felderítés minden ponton történő folyamatos végrehajtása kivitelezhetetlen. A felderítő alegységek tevékenységét azokra a területekre kell összpontosítani, ahol az ellenség várhatóan ABV-fegyvert alkalmazhat, valamint ahol kialakulhat más forrásból származó szennyezés. Az ABV-fegyverek alkalmazási

¹²⁸ Hajdú István – Somorác András – Téglási József (szerk.): *Törzsszolgálat*. Budapest, ZMNE, 1999.

elveinek és a csapatok tevékenységére kifejtett hatásainak ismerete éppen ezért lényeges tényező, amelyet be kell építeni a képzésbe.

Az ABV-helyzet kezelése és értékelése az ABV-támogató tevékenység biztosításában igen összetett feladat, úgy a magas¹²⁹ ABV-fenyegetés szintje esetében, mint a tömegpusztító fegyverek alkalmazása következtében kialakult valós ABV-helyzet esetében. Ezért meg kell valósítani az információgyűjtést a hadszínterről, a komplex felderítő tevékenységet végrehajtó erők összehangolt munkájával. A felderítő és értékelő rendszer feladata tehát egyfelől az, hogy az ellenség által bevezethető ABV-fegyverek által indukált fenyegetettséget értékelje, felmérje a következményeket, másfelől pedig, hogy a harctevékenység körzetében jelen lévő, veszélyes ipari anyagot tároló létesítmények rombolódása következtében várható szennyezés lehetőségét felmérje.

A műveleti területen folytatott tevékenység hatásfokát, illetve sikerességét tehát jelentősen befolyásolja – sok egyéb tényező mellett – az ABV-fenyegetettség szintje.

A harci kötelék védelme érdekében a parancsnok által meghatározott – a személyi állományra vonatkozó – védelmi intézkedések nehezítik a rendeltetésszerű feladat-végrehajtást, így az adott tevékenység időigénye megnövekszik. A személyi állományra nehezedő pszichikai terhelés csökkentése érdekében is kiemelten fontos az egyéni védőeszköz viselésének indokoltsága, valamint szükséges az idejének megállapítása. További, az előző fejezetben felvázolt körülmények – például ellenanyag vagy profilaktikus készítmények alkalmazása, az ABV-kockázat csökkentése stb. – tekintetében szintén lényeges eleme az ABV-helyzetfelmérés és -helyzetértékelés a parancsnok döntése támogatásának.¹³⁰

Akár a műveletek tervezésének, akár a végrehajtás szakaszát vizsgáljuk, a parancsnoknak folyamatos és a menet közben bekövetkező változásokat követően frissített információra van szüksége többek között az ABV-fenyegetettséget, az ABV-helyzetet és annak a harctevékenységre kifejtett hatásait illetően. A mai modern hadviselést pedig a harctevékenység, valamint az azt befolyásoló harci környezet – benne az ABV-környezet – folytonos és dinamikus változása jellemzi. A hadszínterről és a műveletek állapotáról beérkező számtalan információ értékelése kell hogy megalapozza a parancsnok döntéseit, függetlenül attól,

¹²⁹ NATO STANAG 2984 által meghatározott legmagasabb fenyegetettségi fokozat.

¹³⁰ Berek Tamás: A jövő tisztjeinek ABV-védelmi felkészítésének iránya az ABV jártasság követelményeinek tükrében. *Hadmérnök*, 5. (2010), 2. 5–16.

hogy – összhaderőnemi kötelék szintjén – ABV-védelmi törzs vagy vegyvédelmi tiszt, illetve vegyvédelmi altiszt támogatja a döntéshozatalt.

A katonai műveletek ABV-környezetének komplexitása megnehezíti a hadszíntér felderítő előkészítését, valamint a katonai műveletek tervezését és végrehajtását egyaránt, hiszen az ABV-fegyverek komponenseinek bármelyike mellett azok együttes, illetve egymást követő alkalmazására is számítani lehet.

A hadműveleti tervezés alkalmával a hadszíntér felderítő előkészítése (HFE) során a hadműveleti területet és tevékenységet érintő aktuális és átfogó ABV-fenyegetettség – az ipari forrásokkal együtt – meghatározása kiemelt jelentőségű. Az ABV HFE alapvető célja információt biztosítani a parancsnok elsődleges felderítési igényeihez (*Priority Intelligence Requirements*, PIRs). Ezen belül kell elkészíteni az ABV-helyzet előzetes előrejelzését, amely a további felderítési és hadműveleti tervezés alapja. Az ABV HFE kell hogy tartalmazza tehát egyebek mellett az ABV-fenyegetettség, a hadműveleti terület, a szövetséges erők, a terep, valamint a terület meteorológiai értékelését.

2.3. Az ABV-fenyegetettség értékelése a hadszíntér felderítő értékelésének (HFE) rendszerében

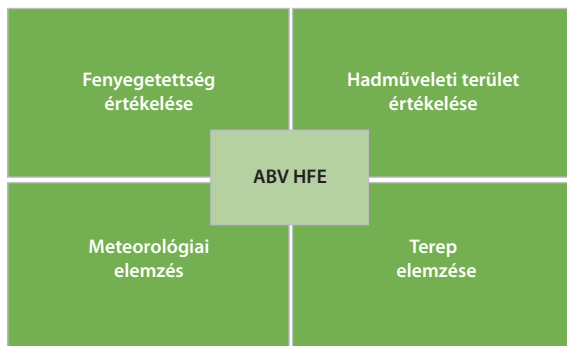
Az ABV-s védelmi tiszt feladata az ABV-fenyegetettség folyamatos elemzése, az ehhez kapcsolható védőruha védelmi szintjének analízise, és az elemzések alapján javaslattevés a parancsnok felé. A parancsnoknak az ABV-helyzettől függően kényszerű módon olyan intézkedéseket kell meghoznia, amelyek csökkentik személyi állományának harcképességét, harci morálját, ezen keresztül veszélyeztethetik az általa kitűzött cél elérését. Éppen ezért a parancsnoknak folyamatosan mérlegelnie kell – több tényező mellett – az ABV-környezetbe került alegysége tekintetében a védőeszközök elrendelt védelmi szintjének könnyítésekor a várható egészségkárosodás és az életben maradás között, akkor is, ha előre nem lehet tudni, hogy a többletkockázat valódi sikerrel járna-e.

Az egyéni védőeszköz alkalmazásának hatáselemzése a METT-T (feladat, ellenség, terep, csapatok és idő) értékelésének részeként meg kell hogy jelenjen minden parancsnoki szinten.

Ez közvetlenül kapcsolva a „küldetéselvű vezetés” elméletéhez – amely szerint a parancsnokok megfelelő műveleti szabadságot biztosítanak alárendeltjeik részére a kezdeményezés megragadására és megtartására – azt jelenti,

hogy a védőruha védelmi szintjére vonatkozó döntéseket alegységparancsnoki szinten kell meghozni.

A védőruha védelmi szintje hatáselemzésének célja, hogy a parancsnok egyensúlyt találjon – az ABV-fenyegetés okozta valós veszélyek feltárását követően – a védőruha viselésének hatásaiból eredő veszteségek és a feladat végrehajtásának sikere között. Mindezt úgy, hogy meghatározza – az egyéni védőeszköz védelmi szintje miatti teljesítménydegradációs faktortól függően – a feladat végrehajtása várható idejének növekedését és a várható vízigényt, a harcászati feladat sikere érdekében elfogadható veszteség figyelembevételével. A védőruha alkalmazott szintjének analízise arról is információt szolgáltat azonban, hogy az időjárási paraméterek (hőmérséklet, páratartalom), a feladat végrehajtása során végzett tevékenység jellege, a védőeszköz alkalmazott védelmi szintje és a becsült vízvesztesség könnyítések nélkül várhatóan milyen veszteséget fog okozni a személyi állomány körében. A hadművelleti parancsnok dönt a várható haszon és kockázat elemzését követően az alegység kivonásáról a harcból vagy a harctevékenység folytatásáról.



3. ábra: A hadszíntér felderítő előkészítésének főbb területei

Forrás: az MH ABV-védelmi doktrínája alapján a szerző szerkesztése

Az ABV-fenyegetettség szintjének meghatározása az összhaderőnemi parancsnok felelőssége, de a fizikai ABV-védelmi szint meghatározása minden szintű parancsnok feladata. A fenyegetettség meghatározása érdekében el kell végezni az ABV-fenyegetettség felmérését, és ezt folyamatosan frissíteni kell. A képességek kialakításánál számításba kell venni a lehetséges ABV-veszélyeket,

-fenyegetéseket és az esetleges ipari kibocsátás kockázatait. Az ABV-kockázatok figyelembevételével meg kell határozni a saját erő ABV-védelmi kapacitását, különös tekintettel az egyéni védőeszközöket illetően, valamint a vegyvédelmi szakterők kapacitását. Mindez alapját kell hogy képezze a saját erő értékelésének. Akkor ideális az erő pozicionálása, ha a harcképesség jelentősen nem csökken ABV-veszélyekkel terhelt hadműveleti környezetben sem. A veszélyes ipari anyagok (VIA) kiszabadulása miatt veszélyeztetett területeket – a veszély elkerülésének elvét szem előtt tartva – el kell kerülni, kivéve, ha ezek a területek műveleti szempontból megkerülhetetlenek, és különlegesen fontosak a műveletek során.

A fenyegetettség értékelése az ellenség kapacitásainak – összetételének, elhelyezkedésének, képességeinek és szándékának – értékelésén túl az ABV-fegyverekkel és toxikus ipari anyagokkal szembeni sebezhetőség felmérését is igényli.

Az ellenség műveleti tervezésének is az eleme lehet súlypontjaink beazonosítása, támadása. Az ellenség saját súlypontjaink elleni támadásra vonatkozó „közvetett megközelítése” pontosan erőinknek fizikai és morális vagy más kritikus sebezhetőségeinek kihasználására koncentrálva olyan erőfeszítéseket foglal magában, amelyek végül is elvezetik a súlypont leküzdéséhez. Az ABV-védelem egyike ezeknek a kritikus pontoknak. A célkitűzések maradéktalan teljesítése mellett a parancsnoknak törekednie kell arra, hogy a fenyegetettség elemzésén alapuló megfelelő kockázatkezeléssel, illetve a csapatok megóvására vonatkozó rendszabályok összehangolt bevezetésével ezeket a sebezhetőségeket elfedje, illetve kiküszöbölje.

A parancsnoknak ismernie kell alegységeinek képességeit, ennek érdekében értékelni kell az alárendelt szervezetek ABV-védelmi kapacitását az ABV-csapások túlélése, valamint a műveletek ABV-környezetben történő sikeres folytatása szempontjából. Az ABV-védelmi képesség értékelése az ABV-védelmi szervezet, a rendszeresített ABV-védelmi felszerelés és a kiképzettség fényében kell hogy megtörténjen, amely során lényeges feladatot lát el az ABV-védelmi tiszt. Biztosítani kell továbbá, hogy a személyi állomány megfelelő színű ABV-jártassága elérése érdekében végrehajtott gyakorlatok és kiképzés összhangban legyenek a NATO- és a nemzeti alapelvekkel.

Az ABV-védelmi feladatok végrehajtását lényegesen befolyásoló tényező ugyanis a kiképzés. Az ABV-fegyverek alkalmazásának alacsony műveleti kockázata mellett az ABV-kiképzés fenntartása, a magasabb műveleti kockázat (közepes) elérésétől pedig annak fokozása a műveleti területen is megkövetelt. A dandár zászlóalj harcsoport (ZHCS) ABV-védelmi tisztjének feladata

tervezni, végrehajtani és ellenőrizni az ABV-védelmi kiképzést, továbbá javaslatot tenni a parancsnoknak az alegység ABV-környezetben végrehajtott műveletek közben a túlélőképesség és műveletek folytatására való képességének növelésére.

Az ABV-csapások, -kibocsátások tényéről és az azok következtében kialakuló veszélyekről a felderítés szolgáltat információkat, amelyeket – az AAP-21 megfogalmazása szerint – vizuális és más módszerrel végzett információgyűjtés keretében szerez meg, s magában foglalja az értékeléshez szükséges meteorológiai adatok gyűjtését is. A hadművelleti területről származó szerteágazó ABV-információk rendszerezése és értékelése bonyolult feladat, még az azonos területről származó műszeres felderítési adatok is különbözhetnek egymástól a kezelő tevékenységének következtében, a vizuális megfigyelési eredményekről nem is beszélve.

A NATO STANAG 2112 (a vegyi, sugár- és biológiai felderítésről) szerint az egységesített információkat feltétlenül be kell gyűjteniük az ABV-felderítő alegységeknek a tevékenységük végrehajtása során, ABV-esemény vagy nem csapásból eredő ipari veszélyes anyag kiszabadulása bekövetkeztekor, illetve annak felmerült gyanúja esetén. Ugyanakkor az ABV-felderítéssel és -felméréssel kapcsolatos műveletek alapelveit és a mintavételezési műveletek alapelveit is egységesítették, amelyek ismerete alapvetően meghatározza a tervezési számvetéseket.

Az ABV-felderítés alapvető célja az ABV-szennyezettség detektálása és azonosítása. A radiológiai szennyezettség kimutatását kevésbé, a biológiai, illetve a vegyi szennyezettség detektálását viszont erősen befolyásolják a környezeti tényezők. A domborzat, a talajtípus, a növényzettel való borítottság foka mellett jelentősen befolyásolják a meteorológiai viszonyok nem csupán a biológiai, illetve a mérgező harcanyag, a veszélyes ipari anyag térbeli terjedését, hanem a kimutatás határfokát is. Az ABV-felderítésnek az ABV-esemény paramétereit leíró információkat minél hamarabb rendelkezésre kell bocsátania a műveletet irányító parancsnoknak, hogy annak döntéshozatalában segítségül szolgáljon az ABV-veszélyek elkerülése érdekében.

2.4. Az ABV- (CBRN-) analitikai laboratórium szerepe az ABV-felderítés rendszerében

Az ABV-fenyegetettség meghatározása és az ABV-fegyverek elleni védelem felépítése érdekében az ipari – és katonai – infrastruktúrát illetően megszerzett

adatok elemzését követően meg kell állapítani, hogy az ellenség képes-e előállítani tömegpusztító fegyverek alapanyagait, rendelkezik-e gyártási és tárolási kapacitással. A már hivatkozott MH ABV-védelmi doktrína által meghatározottan fel kell mérni az ellenség által alkalmazható biológiai ágensek, mérgező harcanyagok körét, és kapacitását a radiológiai fegyverek és nukleáris potenciál tekintetében. A veszélyes ipari anyag (VIA) veszélyének meghatározása során fel kell mérni a hadművelleti területen lévő, radioaktív forrással rendelkező, illetve vegyi és biológiai anyagok előállítására és feldolgozására alkalmas létesítményeket.

Ehhez a hírszerzés és különösen a felderítés adataira kell támaszkodni. A megszerzett minták pontos és gyors vizsgálata egy ABV-s analitikai laboratórium kapacitását igényli. A parancsnokok ugyanis elrendelhetik a környezeti minták begyűjtését a hírszerzési adatok támogatására is. Mindazon adatok értékelése után, amelyet az ABV-felderítés komplex tevékenysége és az említett ABV-laboratórium szolgáltat, kiegészítve az ellenség eszközeinek harcászati alkalmazási elveinek, aktuális nemzetközi politikájának és célba juttató kapacitásának felmérésével, végezhető el a saját csapatok sérülékenységének vizsgálata.

A hadművelleti terv (harcparancs) ABV-mellékletének kidolgozása során, az annak részét képező ABV-védelmi terv kialakításakor, az ABV-védelmi intézkedéseknek a harcképességre, a saját csapatok harceljárására történő kihatásainak értékelésekor a legfontosabb a pontos, megbízható adatok felhasználása. E feladatokat szintén hatékonyan támogatják az ABV-labor vizsgálatai.

A katonai műveletek egészségügyi biztosításának megszervezése és végrehajtása sajátos együttműködést kíván az ABV-védelemmel. A gyógyszerek, oltóanyagok, antibiotikumok és antidótumok stb. készlettervezése szempontjából ugyanis nem mellőzhető az ellenség biológiai vagy mérgezőharcanyag-arszenáljának pontos feltérképezése, nem is beszélve a szükséges védőoltások beszerzéséről és a veszélyeztetett állomány beoltásáról.

Bizonyos ABV-védelmi rendszabályok bevezetése rendkívüli módon befolyásolhatja a katonai műveletek végrehajtási idejét és sikerét. Itt legmarkánsabban az egyéni vegyivédelmi védőeszköz által kifejtett fiziológiai hatások jelentenek hátráltató tényezőt. A parancsnok törzsének ABV-védelmi, valamint az egészségügyi részlege által javasolt, az ABV helyzetnek megfelelő ABV-védelmi és egészségügyi intézkedések meghozatalának érdekében a hadszíntérről begyűjtött minták egyértelmű azonosítására támaszkodó helyzetértékelés kiemelt fontosságú, melynek speciális támogató eszköze az ABV analitikai laboratórium.

A biológiai fenyegetés értékelése és az esemény hadműveletekre gyakorolt hatásának megállapítása különösen nehéz feladat. A tervekben szerepeltetett

lehetséges és kidolgozott cselekvési változatok jelentősen eltérhetnek egymástól. Annak valószínűségét, hogy biológiai csapás történhet, vagy esetleg már megtörtént, a fenyegetettség folyamatos elemzésével kell meghatározni. Az MH ABV-védelmi doktrínája a biológiai fenyegetettségi szint „közepes” státusza esetén a biológiai jellegű eseményeknek a teljes hadművelleti területen történő figyelését javasolja. Lényeges tehát a felderítő rendszerek üzemeltetésén túl a biológiai fegyverek alkalmazására utaló jelek és körülmények figyelése minden katonára részéről.

Biológiai fegyverek alkalmazására utalhatnak közvetlenül észlelhető jelek – például légi kiöntő készülék, biológiai lőszer becsapódásának megfigyelése vagy fertőző betegségre utaló külső jeleket mutató emberi, illetve állati tetemek szokatlanul nagy száma, diverzió nyomai, fertőző betegségre utaló tünetek megtapasztalása –, de olyanok is, amelyek felismerésére elsősorban az egészségügyi szakszemélyzet képes. A járvány szokásosnál gyorsabb lefolyása, a természetes járványoktól eltérő esetszámok, betegszámok alakulása, dinamikája, a járváynak kedvező környezeti paraméterek hiánya, az aeroszol-expozíció gyanúja és sok egyéb olyan jellemző specifikum, amely nehezen megfigyelhető, és sajnos sohasem bizonyítható egyértelműen.

A rejtett biológiai hadviselésről elmondható, hogy valószínűleg még a felderítő eszközök üzemeltetése esetén is (annak hiányában viszont biztosan) előbb véget ér a csapás, mint ahogy rájöhetnénk annak tényére.

A feltételezett biológiai támadás egyértelmű, gyors és biztos azonosítása, és jogi-igazságügyi igazolása, alapvető fontosságú politikai, büntetőjogi és egészségügyi szempontból.

A biológiai fegyverként felhasználható ágensek sajátosságainak és a betegségek tüneteinek ismerete nagyon fontos annak érdekében, hogy az egészségügyi szolgálat szakemberei a harctéri viszonyok között is megállapíthassák a biológiai támadás tényét.

A klinikai tünetek kialakulása azonban a biológiai fegyver alkalmazását követően eltérő jelleget is ölthet a természetesen előforduló betegségekhez képest, vagy éppen azok nem jellemző tünetformáit követheti, így könnyen előfordulhat, hogy az egészségügyi személyzet nem képes megkülönböztetni a természetesen előforduló betegséget a biológiai támadástól.¹³¹

¹³¹ Kézikönyv az ABV-védelmi műveletek egészségügyi vonatkozásairól (biológiai). MH Dr. Radó György Honvéd Egészségügyi Központ, 2010.

Biológiai harcanyag ellenség által történő alkalmazásának gyanúja esetén, a fertőzés terjedésének megakadályozása érdekében sor kerülhet a hadművellet egészét, illetőleg egyes harctevékenységeit nagymértékben befolyásoló, esetenként a manőverszabadságot korlátozó egészségügyi intézkedések bevezetésére, és előfordulhat, hogy érvénybe kell léptetni a mozgáskorlátozás (karantén) rendszabályait is. Az intézkedések mellett szükséges lehet védőoltással vagy antibiotikummal is ellátni a személyi állományt. Mindezen ellenintézkedések harctevékenységet befolyásoló hatását – illetve azok azonnali és későbbi hatásait – figyelembe véve belátható, hogy ebben az esetben is lényeges a mintagyűjtést követő laboratóriumi elemzés elvégzése. A mozgáskorlátozás, a mintavétel és mintaszállítás biztosítása és a mentesítési műveletek nagy erőforrás-igényűek – és a kórokozó gyors azonosítása szintén nagy jelentőségű.

Az említett logisztikai támogatás más területeken jelentkező erőforrásigényét sem szabad figyelmen kívül hagyni. Az ABV-védelem rendszabályai bevezetésével nagyobb igénybevétel jelentkezik a logisztikai támogatás területén. Ez részben az ABV-veszélyekkel terhelt harctevékenységekben részt vevő alegységek személyi állománya védőeszközeinek cseréjét érintően, de nagyoobbrészt a műveleteket támogató ABV-védelmi szakalegységek, valamint az egészségügyi szakérők logisztikai támogatása tekintetében mondható el. A szennyezett ABV-védőruhák, mentesítő anyagok és az egészségügyi szakanyagok pótlása, az élelmiszer- és vízfogyasztásra alkalmassá tétele, fürdetés és tisztacsere biztosítása, a tömeges sérültek kezelése ABV-környezetben, illetve hátraszállításuk megvalósítása komoly logisztikai erőfelfejtést igényel, amely ABV-csapás megalapozott bizonyítása hiányában – esetleg a valószínűsített gyanú elhúzóód időszakában (amelyet szükséges minél hamarabb megerősíteni) bizonyos mértékben valószínűsíthetően indokolatlanul terheli a szolgálatot, ezáltal hátráltatja a műveleteket.

A BTWC 2006-os, hatodik felülvizsgálati konferenciáján többek között felvetették a biológiai minták begyűjtésének és azonosításának problémáját, tekintettel arra, hogy ez az igazságügyi szintű elemzés záloga. A NATO-ban az egységes protokollt már kialakították.

Az ABV-felderítés komplex rendszerében a vegyi, biológiai és radiológiai mintavételi műveletek végrehajtásakor a mintavételezés részben a technikai felderítést biztosítja, a hadszíntér értékelése érdekében.¹³² A hatóanyag, a célba juttató rendszer és a bevetési technika ismerete mellett a laboratóriumi

¹³² NATO: STANAG 2112. *Nuclear Biological and Chemical Reconnaissance*. 2005. szeptember 12.

analízis igazolja vagy cáfolja a gyanús minta, a harcanyag jellemzőit, a toxicitást, a maradóságot, a személyi állomány veszélyeztetettségét, a lehetséges és szükséges mentesítési tevékenység paramétereinek meghatározását, különös tekintettel a mentesítő anyag fajtájára és az alkalmazott technikára. Ez szükséges döntéstámogatást biztosít a parancsnok és törzse számára a megfelelő védelmi intézkedések meghozatalában.

Speciális feladatként beszerzett, az arcvonalba vagy az ellenség mélységébe kiküldött felderítő erők kötelékében tevékenykedő ABV-s mintavételi csoportok által gyűjtött minták adatokat szolgáltathatnak még az ABV-esemény (csapás) bekövetkezése előtt az ellenség fenyegetési kapacitásáról, illetve a gyártó létesítményekről.

Az ABV-analitikai laboratórium lehetséges alkalmazási körét jelentheti egy korábban harccselekményekkel sújtott régió területén végrehajtani tervezett békeművelet előkészítése keretében végzett első biológiai mintavétel analízise, amely viszonyítási alapot adhat a későbbiekben a mikroorganizmusok normál szintjére vonatkozóan egy adott területen.

Az ABV-analitikai labor vizsgálata és az ehhez kapcsolódó mintavételi műveletek különösen fontosak, ha korábban ismeretlen anyag alkalmazására kerül sor, illetve a vegyi/biológiai harcanyag első alkalmazása esetén.¹³³ A követelmények közül kettőt fontosnak tartok kiemelni. „Elkerülni az érintkezést a fenyegető erőkkel.” A harctevékenység közben végzett ABV-felderítés során a detektálás bonyolult, külső (ABV-veszélyeken kívüli) kockázatokkal is terhelt, időigényes és rendkívül nehéz feladat. Az ABV-harcanyag pontos detektálása közvetlen harcérrintkezés alatt ritkán lehetséges. Egyetlen ABV-s felderítő raj elvesztése viszont nagymértékben csökkenti a teljes harci erő ABV-védelmi képességét. A fenti elgondolással párhuzamosan pedig maximalizálni kell az ABV-felderítés hatékonyságát. Ugyanezen elgondolás mentén haladva, a feladat végrehajtásának megtervezése időszakában a parancsnoknak figyelembe kell vennie a kijelölt alegység képességeit és korlátait is. „A mobilitást, túlélőképességet, tűrőképességet és a detektálási képességet a feladat kiszabásakor minden alegység esetében értékelni kell.”¹³⁴

A STANAG 2112 5. kiadása által már külön megjelölt azonosításszintek közül az egyértelmű azonosítás szolgálhat igazságügyi szintű bizonyítékkal az ellenség

¹³³ NATO (2005. szeptember 12.): i. m.

¹³⁴ NATO (2005. szeptember 12.): i. m.

által harcba vetett ABV-fegyverekről.¹³⁵ Az egyértelmű ágensazonosítás csak egy speciális mintavető csoport (SIRA/SIBCRA TEAM) által végzett, a NATO-s mintavételi kézikönyvekben¹³⁶ leírt mintavételi folyamat szerint végrehajtott mintagyűjtés, és a minták elszállítását követően ABV-analitikai laboratóriumban (vagy háttérlaboratóriumban) lehetséges.

Az ABV-felderítés rendszerében végzett „egyértelmű azonosítás” tevékenysége természetesen nem szükségeltetik minden esetben és helyzetben, a földi és a légi ABV-felderítés által szolgáltatott információhalmaz ABV-helyzetértékelés szempontjából szükséges és hiányzó elemeinek megállapítása, illetve a meglévő adatok alátámasztása, pontosítása céljából bizonyos esetekben azonban nélkülözhetetlen az ABV-analitikai laboratórium képességeinek igénybevétele. A laboratórium tehát támogatja a parancsnok helyzetértékelését azáltal, hogy a minták azonosítását követően a meghatározott alapképességeinek mértékében vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris anyagoknak a műveleti területre és a műveletre gyakorolt hatásának értékeléséhez szolgáltat alapadatokat. A mintagyűjtés, -szállítás és -feltárás és más szempontokból is az „egyértelmű azonosítás” képességét szolgáltató ABV-labor tábori, telepíthető mobil változatának alkalmazása az ideális, és szükséges is, tekintettel arra, hogy a katonai műveletek körzetétől nem túlságosan nagy, de biztonságos távolságra kitelepíthető a gyors információszolgáltatás érdekében. Azt viszont tudni kell, hogy az ilyen laboratóriumra – mint minden telepíthető, hordozható, fizikailag modúlárisan felépített létesítményre – fizikailag determinált képesség és kapacitás jellemző. Az elemzési módszerek fejlesztésének műszaki lehetősége korlátozott, ezért – és különösen ismeretlen ágens azonosításában – az identifikálási eljárás nemzeti háttérlaboratóriumi kapacitással történő támogatása elengedhetetlen.¹³⁷

2.5. Zászlóaljharccsoport ABV-támogató modulszakasz mint művelettámogató vegyvédelmi képesség alkalmazása

A zászlóaljharccsoport harcának alapvető fajtája a támadás, amelyet önállóan vagy más alegységekkel együttműködve, szakcsapatok támogatásával hajt végre.

¹³⁵ A STANAG 2112 az azonosítás három szintjét különbözteti meg, az ideiglenes, a jóváhagyott és az egyértelmű azonosítást.

¹³⁶ AEP-10 és AEP-49.

¹³⁷ NATO: *ATP-3.8.1 vol. II. Specialist NBC Defense Capabilities*. 2005. január 1.

A zászlóaljharccsoport támadó alkalmazása többféle cél teljesülése érdekében eredezethető.¹³⁸

Zászlóaljharccsoport alkothatja a dandár fedező-biztosító lépcsőt, általában előrevetett osztagként, elővédként.

A zászlóaljharccsoport támadó harcot folytathat az ellenség erőinek megsemmisítése, fontos körletek, terepszakaszok, objektumok birtokba vétele, az ellenség tartalékai elszigetelése, lefogása, megsemmisítése, felderítési feladatok végrehajtása, az ellenség megtévesztése, figyelmének elterelése, lekötése, támadásának megállítása céljából.¹³⁹

A zászlóalj védelmi harcának célja: az ellenség élőerejének és technikai eszközeinek pusztítása, a dandár sikeres tevékenységének, illetve ezen tevékenység feltételeinek biztosítása. A zászlóalj védelmi harcának megvívása egy, a terepen pontosan meghatározható területen zajlik, amelyet jellemezni lehet a terület szélességével, mélységével, illetve a megvíváshoz szükséges idővel, a zászlóaljnál rendelkezésre álló eszközök hatótávolságát is figyelembe véve. A zászlóalj egy harcászati irány, illetve a harcászati irány egy részének (egy-két járható irány) lezárására képes.¹⁴⁰

A zászlóaljharccsoport műveleteinek végrehajtását ABV-környezetben az alegység nem szervezetszerű, másodlagosan kiképzett katonákból álló ABV-felderítő rajai kizárólagosan nem képesek biztosítani. Az ABV-fegyverekkel mért csapások paramétereinek megállapítására, összegyűjtésére, a várható ABV-szennyezések felderítéssel történő pontosítására, illetve az abban bekövetkezett változások nyomon követésére, a szennyezett területek megjelölésére, elkerülő utak kijelölésére, előrevonási, hátraszállítási és harántutak, csapatok vezetési pontjainak, elhelyezési, összpontosítási, várakozási körleteinek folyamatos ABV-felderítésére ABV-támogató szakerő kapacitása szükséges. Az ABV-, illetve veszélyes ipari anyagokkal szennyezett személyi állomány, harci és egyéb technikai eszköz, felszerelés mentesítésének szükségessége is indokolja ezt.

¹³⁸ Magyar István: A Magyar Honvédség várható feladatai a XXI. században, a zászlóalj harccsoport alkalmazásának elvei és lehetőségei. In Kőszegvári Tibor – Szternák György – Magyar István: *A XXI. századi hadviselés*. Egyetemi jegyzet. Budapest, ZMNE, 2000.

¹³⁹ Juhász József: *A zászlóalj támadása*. Egyetemi jegyzet. Budapest, ZMNE, 2000.

¹⁴⁰ Vörös László – Fodor József: *A zászlóalj védelme*. Egyetemi jegyzet. Budapest, ZMNE, 2001.

2.6. ABV-felderítés a fenyegetettségértékelés rendszerében

A hadműveleti terv (harccparancs) ABV-mellékletének kidolgozása során, az annak részét képező ABV-védelmi terv kimunkálásakor, az ABV-védelmi intézkedéseknek a harcképességre, a saját csapatok harceljárására történő kihatásainak értékelésekor, az ABV-védelmi feladatok tervezésekor és a biztosításuk feltételeinek meghatározásakor a legfontosabb a pontos, megbízható adatok felhasználása.

A század saját érdekében végrehajtott (fontosabb körletek, tüzelőállások, menetvonalak) ABV-felderítést alacsony ABV-fenyegetettségi szint mellett alapvetően a század megbízott vegyivédelmi altisztje tervezi, amellett, hogy a szervezetszerű és a nem szervezetszerű vegyivédelmi alegységek alkalmazását a ZHCS-törzs S3 vegyivédelmi tiszt koordinálja. Magasabb ABV-fenyegetettségi szint elrendelésekor vagy ABV-incidens esetén azonban ez a tevékenység a vegyivédelmi szakalegységek támogatását igényli.

Az ABV-támogató szakasz felderítőképessége a mintavételezésen kívül támogatja a parancsnok helyzetértékelését azáltal, hogy az ABV-veszély azonosítását követően a meghatározott alapképességeinek mértékében vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris anyagoknak a műveleti területre és a műveletre gyakorolt hatásának értékeléséhez szolgáltat alapadatokat.

A mintagyűjtés, -szállítás és -feltárás és más szempontokból is az „egyértelmű azonosítás” képességét szolgáltató ABV-analitikai labor tábori, telepíthető mobil változatának alkalmazása lenne ideális és szükséges is a műveleti területen, tekintettel arra, hogy a katonai műveletek körzetétől nem túlságosan nagy, de biztonságos távolságra kitelepíthető a gyors információszolgáltatás érdekében. Első lépésként azonban kiképzett és a mintavételi eljárásrendnek megfelelő felszereléssel ellátott mintavételi csoport kialakítása szükséges.¹⁴¹

Az ABV-támogató szakasz rendeltetése az összefegyvernemi alegységek harctevékenységének ABV-védelmi támogatása, az ABV-események felmérése, a káros következmények megszüntetése vagy csökkentése.

Annak ellenére, hogy zászlóaljharccsoport-szinten az ABV-védelmi feladatok tervezését és végrehajtásának irányítását a ZHCS hadműveleti (S3) részleg vegyivédelmi tisztje végzi, az ABV-védelmi eljárásainak végrehajtása és tervezése továbbra is a parancsnok felelőssége marad.

¹⁴¹ Berek Tamás: ABV (CBRN) analitikai laboratórium, mint művelettámogató speciális vegyivédelmi képesség. *Hadmérnök*, 6. (2011), 1. 131–144.

Valós helyzet adatain alapuló értékelés során, a valós adatok birtokában az alegységparancsnoknak – aki az ABV-veszélyforrások közvetlen közelében van – képesnek kell lennie tapasztalati alapon vagy segédeszközök segítségével saját helyzetét értékelni, és a riasztást, valamint a szükséges védelmi rendszabályokat alárendeltjeinek elrendelni.¹⁴²

Az ABV-felderítő szervezeti elem tevékenységének hatékonyságát annak eljárásrendje mellett nagymértékben meghatározzák a felderítésre alkalmazott ABV-felderítő eszközök.

Az ABV-helyzetről szóló adatok a parancsnok kritikusinformáció-igényének részét képezik döntéshozatala folyamatában. Az ABV-felderítés feladata az információk megszerzése. A veszély jelenlétének cáfolása egy adott területen (negatív jelentés) éppen olyan fontos, de gyakran többet jelent, mint annak megerősítése (pozitív jelentés). A veszélymentes állapot egyértelmű igazolása rendkívül lényeges, tekintettel az annak tudatában vélelmezett – esetleg hamis – biztonságérzet veszélyére. Az ABV-szennyezés, a mérgező harcanyagok jelenlétének magabiztos cáfolatának elsőrendű feltétele a különböző elven működő, megfelelő érzékenységű detektorok használata.

2.7. A vegyi felderítés technikai pillére, hordozható vegyi detektorok új generációja

A műveleti területen szóba jöhető CBRN-anyagok kockázata alapján felállított sorrendet tekintve elsősorban a vegyi anyagokat, kisebb mértékben a biológiai organizmusokat és radioaktív sugárforrásokat jelölte meg a már említett EU-s CBRN-munkabizottság. Tekintettel erre és az újgenerációs mérgező (harc)anyagok kimutatása és azonosítása területén prognosztizálható kihívásokra, a következőkben kifejezetten a vegyi felderítésre, illetve annak technikai feltételére kívánom a figyelmet fordítani.

Az ABV-felderítésben jelentős szerepe van a rendszeresített vegyi felderítő berendezéseknek, vegyi detektoroknak, amelyek a fenyegetésre adott válaszlépés egyik technikai pillérének tekinthetők.

A felderítést végző szervezetek felszerelése kritikus tényező, amely alapvetően meghatározza az alegységek képességét. A vegyi, biológiai és radioaktív anyagok kimutatását és azonosítását lehetővé tevő eszközök kapacitása

¹⁴² Grósz Zoltán: *Az ABV védelem alapjai*. ZMNE, 2001.

meglehetősen érzékeny faktor ebből a szempontból, és ezt nem szabad figyelmen kívül hagyni. Az ABV-felderítő alegységek felszerelésének – de bármely más szervezet (például katasztrófavédelem) vegyi felderítést végző csoportjai felszerelésének – kialakításánál egyaránt nehéz feladat a szervezet alkalmazási céljainak megfelelő detektorpark kialakítása.

A minden szempontból ideális detektor egyaránt képes kimutatni a mérgező harcanyagokat és a toxikus ipari anyagokat rövid időn belül, szelektivitással rendelkezik, és érzékenysége lehetővé teszi azt, hogy azok egészségügyi kockázatokat jelentő koncentrációját is időben érzékelje, ráadásul úgy, hogy közben alacsony érzékenységet mutat a környezeti zavaró hatásokkal szemben. Az ideális kimutató eszköz gyors válaszüzeje mellett könnyen szállítható, annak hordozhatósága nem gátolja a működőképességét, azaz mozgatva is üzemeltethető. Ilyen, minden szempontnak megfelelő detektort lehetetlen találni.¹⁴³

A csapatok ABV-környezetben való túlélése érdekében az ABV-felmérésnek azonban alapvető jelentősége van, amelynek feltétele a széles spektrumú szenzorhálózat. A katonai gyakorlatban elvárható igény továbbá a vegyi helyzetre vonatkozó adatok (mérési eredmények) gyors továbbításának lehetősége a parancsnoki vezetési és irányító (C2) rendszerbe a feldolgozás érdekében.

A vegyi detektorok kiválasztásának folyamatában a várható alkalmazási környezet jellemzői a meghatározók, ahogy az azonosítandó vegyületek köre is.

A meteorológiai viszonyok – a biológiai, illetve a mérgező harcanyag, veszélyes ipari anyag térbeli terjedése mellett – a kimutatás hatásfokát is befolyásolhatják. A detektorok környezeti hatásoktól való függése is lényeges szempont tehát azok kiválasztása során.

Az ABV-felderítés feladatrendszerében a mérgező harcanyagok és toxikus ipari anyagok kimutatása mellett lényeges szerepe van az ágensek azonosításának.

A kereskedelmi forgalomban megtalálható vegyi detektorok nem mindegyike alkalmas a mérgező harcanyagok kimutatása mellett azok azonosítására is. A mérgező harcanyagok azonosításának módszerei igen változatosak, a terepen is alkalmazható, gyors működésű, azonosításra is alkalmas eszközök szintén eltérő specifikusságot mutatnak.

A műveleti területen alkalmazni tervezett vegyi detektorok kiválasztása előtt fontos megvizsgálni tehát az alkalmazás célját. Amennyiben a cél a sze-

¹⁴³ Rodi Sferopoulos: *A Review of Chemical Warfare Agent (CWA) Detector Technologies and Commercial-Off-The-Shelf Items*. DSTO Defence Science and Technology Organisation, 2009.

mélyi állomány riasztása az egyéni védőeszközök megfelelő időben történő felvétele érdekében, akkor a fő szempont a megbízható működés a nagy valószínűséggel előforduló mérgező harcanyagok körében. Az erre a célra rendszerített eszközök minőségi meghatározásra nem alkalmasak. A szelektivitás csupán felesleges információkkal terhelné az alkalmazót. Az egyéni védőeszköz alkalmazása hatékony védelmet biztosít, ugyanakkor viseléskor számolni kell annak teljesítménycsökkentő hatásával. Meg kell tudni határozni azt az állapotot, amelyben az egyéni védelem szintjét csökkenteni lehet. Meg kell tudni állapítani tehát a fizikai védelmi szint csökkentésének külső feltételeit, azaz a veszély elmúltát. A detektálható ágensek körének bővítése azonban nem csupán hasznos, hanem a fenyegetettséget figyelembe véve szükséges követelmény. Ezek a készülékek nem szolgáltatnak adatokat a vegyi veszélyt jelentő mérgező harcanyag vagy toxikus ipari anyag koncentrációjáról, sok esetben az ágens típusáról sem.

A fizikai védelem (egyéni és kollektív védelem egyaránt) időbeli korlátait tekintve ugyanakkor fontos ismerni a veszély jellege mellett az azt okozó komponens fajtáját, annak fizikai és kémiai tulajdonságait, hiszen ezek – és persze más külső tényező – ismeretében tudjuk meghatározni annak toxicitását, a szennyeződés térbeli kiterjedését, a veszély időszakának várható idejét stb. Erre a célra a szelektivitással rendelkező, tehát specifikus kimutatást biztosító detektorok alkalmasabbak.

A kimutatást jellemző egyik legfontosabb paraméter az érzékenység. Az érzékenységet jellemzi a tömegegységben érzékelhető mérgező (toxikus) anyag mennyisége vagy a minta térfogatára vonatkoztatott határkoncentráció (itt az a legkisebb koncentráció, amelynél még érzékelhető az anyag). Az érzékenység szükséges mértékét a mérgező anyag toxikussága szabja meg.¹⁴⁴

A kimutatási képességet jellemzi továbbá a detektor válaszadási ideje és a téves eredmények aránya. Ezen belül meg kell különböztetni az álpozitív és az álnegatív eredmények arányát, amelyek közül az álnegatív eredmények problémásabbak.

A terepi kimutatásra alkalmazott detektorokkal szemben támasztott követelmények között kell említeni néhány további fontos olyan tulajdonságot, amelyek lehetővé teszik azok használatát harctéri körülmények között is. Szükséges időjárási körülmények között is stabil üzemképesség és megbízható kimutatási képesség kell, hogy jellemezze őket. A hordozhatóság mellett az ütésálló kivitel, a por- és cseppállóság, valamint az egyszerű kezelhetőség is lényeges.

¹⁴⁴ Havai Gábor: *Vegyvédelem*. Budapest, ZMNE, 1999.

Alapvető elvárás a detektorokkal szemben a rövid készenléti és válaszadási idő, a folyamatos üzemeltethetőség, az egyszerűen végrehajtható technikai kiszolgálás és az alacsony fenntartási költség.

A mérgező harcanyagok kimutatása közvetlen harcérintkezésben hibalehetőségekkel terhelt, továbbá a koncentrált felderítési képességet tekintve akár egyetlen ABV-s felderítő jármű elvesztése is nagy veszteséget jelent. Az ABV-incidens helyszínén végzett gyors felderítés és jelentés csökkentheti a valószínűségét annak, hogy az ABV-s felderítő alegységek harcérintkezésbe kerüljenek ellenséges csapatokkal. A gyorsaság és a pontosság alapvető feltétele az alegység ABV-felderítő eszközparkja, hiszen a vegyi detektorok tulajdonságai meghatározók a felderítés gyorsasága és sikere tekintetében.

Az ABV-felderítés alapelveiben megfogalmazott követelmények teljesülésének tehát szerteágazó a feltételrendszere, és ennek egy lényeges komponense a szakfeladatot végrehajtó alegységek alkalmazási céljainak adekvát technikai eszközpark kialakítása, megfelelő vegyi detektorok alkalmazásba vétele.

Az ABV-felderítésen belül a vegyi felderítési tevékenység során fontos meghatározni először a mérgező harcanyag jelenlétét, vagy cáfolni azt. A detektálás (kimutatás) a mérgező harcanyag jelenlétét jelzi, azonban a védelem megszervezése érdekében el kell végezni a mérgező harcanyag azonosítását, a szennyezések kiterjedésének meghatározását, illetve a bekövetkezett változások ellenőrzését is, annak érdekében, hogy a katonák és csapatok elkerüljék vagy minimalizálják a kezdeti és visszamaradó hatásokat.

A vegyi felderítés három alapeladata: kimutatás, azonosítás és monitorozás.

A kimutatás alapvetően a levegőben lévő mérgező anyag érzékelését jelenti, feladatai:

- a vegyi támadás kezdetének jelzése, amikor emiatt az egyéni ABV-védelmi készletet fel kell venni, vagy a kollektív védelmet alkalmazni kell;
- a vegyi veszély elmúltának jelzése, amikor emiatt a korábban elrendelt egyéni és kollektív védelem szükségtelennek, illetve indokolt alkalmazása könnyíthetőnek vagy megszüntethetőnek minősíthető;
- a veszélyeztető mérgező anyag minőségének (típusának) és mennyiségének (koncentrációjának) kimutatása az ellenrendszabályok bevezetésének vagy feloldásának megalapozásához és az ehhez szükséges számvetések elvégzéséhez.

Az azonosítás során a veszélyeztető mérgező (harc)anyag minőségének (típusának) és mennyiségének (koncentrációjának) pontos meghatározása bonyolult

felépítésű, nehéz és drága eszközöket igényel. A mérgező harcanyagok és toxikus anyagok minőségi és mennyiségi meghatározásának kiváló eszközeit képviselik a tömegspektrometria (MS)¹⁴⁵ elvén működő műszerek, amelyek hordozható, a harcjárműre telepíthető vagy laboratóriumban alkalmazható változatokban is elérhetőek a kereskedelmi forgalomban.

A monitoring (ellenőrzés) folyamatos és periodikus eljárás az ABV-szennyezés jelenlétének megállapítására. A vegyi ellenőrzés a személyek, harci és technikai eszközök, felszerelések és más anyagok, valamint objektumok és a terep felszínének, valamint az ivóvíz és élelmiszerek vegyi szennyezettségének meghatározását jelenti. A levegőmonitoringra alkalmazható, infravörös spektrometriai elven működő eszközök általában alkalmasak a vegyi anyagok azonosítására.

A minta előkészítés nélküli – szerves és szervetlen komponensek azonosítására alkalmas – FT-IR gázanalizátor, a GASMET (Gasmet Technology, Finnország) márkanévű készülék például egyszerre akár 25 vegyületet is képes elemezni.¹⁴⁶

Az ABV-felderítés feladatait tekintve látható, hogy az egyes területeken végrehajtott felderítési tevékenységekhez más és más célok kapcsolhatók, így azok eléréséhez más és más sajátosságokkal rendelkező műszerek alkalmazása szükséges.

A detektálás – leegyszerűsítve – elsősorban az ABV-veszélyek jelenlétét jelzi, amikor az egyéni és kollektív védelmi rendszabályok fogantatása szükséges. Minden századszintű alegységnek rendelkeznie kell az ABV-felderítést, ellenőrzést, riasztást és jelentést, mentesítést, a sérültek ellátását, a kollektív védelmet biztosító, megfelelő típusú és mennyiségű felszereléssel. Ezek egyike a vegyijelző készülék.

A vegyi felderítés objektív módszerei közül a kémiai elven működő eljárások megbízhatók és pontosak, azt azonban tudni kell, hogy amennyiben olyan mérgező harcanyag van a levegőben, amelyre nincs reagens a készletben, vagy a halmazállapota nem a reakciófelületnek kedvező, a kimutatás meghiúsul.

¹⁴⁵ MS: Mass Spectrometry

¹⁴⁶ Vágföldi Zoltán – Földi László: Korszerű ABV felderítő eszközök. *Sereg Szemle*, 9. (2011), 2. 50–57.



4. ábra: Vegyjelző készülék és alkalmazása

Forrás: a szerző felvétele

A mérgező anyagok fizikai elvű kimutatásának különböző módszerei azonban számos előnyt kínálnak, amelyek egyike a gyorsaság, amely a detektálás során elengedhetetlen.

A mérgező harcanyagok megjelenése változást okoz a levegő fizikai tulajdonságaiban (például elektromos vezetőképesség), ezeket a változásokat észlelve állapítják meg a mérgező harci anyag jelenlétét, fajtáját, töménységét.

A mérgező harcanyagok fizikai elven működő detektálásának jellemző módszerei a következők:

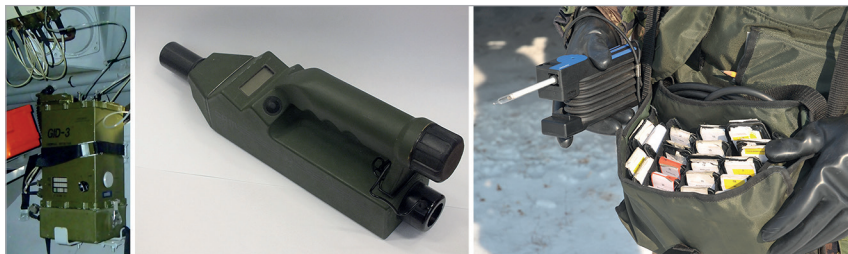
- az ionmozgékony-spektrometria (*Ion Mobility Spectrometry*, IMS);
- a lángfotometria;
- a fotoakusztikus kimutatás;
- infravörös (IR) és
- lézersugaras technikák.

2.7.1. IMS-technológia az ABV-felderítésben, az azonos elven működő készülékek problémája

Az IMS-technológián alapuló készülékek megbízhatóságuk okán a mérgező harcanyagok kimutatására világszerte alkalmazott vegyi felderítő eszközök, amelyek a haderők alegységszintű eszközeinek jellemző csoportját alkotják.

A szervezetszerű ABV-felderítő szakalegységeink felszerelése elsődleges hatással van azok alkalmazási képességére és teljesítményére. Az ABV-felderítő rajok felderítő komplexuma a vegyi és sugárfelderítő harcjármű, amely alapvetően meghatározza az alegység mobilitását és felderítési kapacitását. A VSBTR 80 ABV-felderítő harcjármű rendeltetése többek között a terep vegyi és sugárfelderítése, az ABV-szennyezett területek határainak megjelölése, a talaj menti meteorológiai adatok mérése, a mért adatok továbbítása.

Az ABV-felderítő alegység elsősorban harcjárműre telepített FABV¹⁴⁷ járműfedélzeti felderítő rendszerbe integrált vegyi és sugárzásmérő detektorok segítségével képes az ABV-felderítésre, valamint a rendszerre illeszthető és kitelepíthető TVS-3 tábori meteorológiai állomás érzékelőivel meteorológiai paraméterek mérésére. A mért adatokat az FABV-rendszer segítségével grafikusán megjeleníti és tárolja. Ezek alapján a kezelő és a rajparancsnok különböző NATO-kompatibilis CBRN-jelentéseket készíthet és továbbíthat. A felderítő alegység felszerelését képezik továbbá olyan hordozható műszerek, amelyek a kezelőszemélyzet számára lehetővé teszik gyalogos ABV-felderítés vagy ABV-ellenőrzés végrehajtását a jármű zárt, ABV-védett küzdőterének elhagyását követően.



5. ábra: Az ABV-felderítő alegységek vegyi felderítő eszközei (GID-3, CAM, Dräger kimutatócső-készlet)

Forrás: 1–2. kép – a szerző felvétele, 3. kép – HM Zrínyi Nonprofit Kft. / Rác Z Tünde

A mérgező harcanyagok és veszélyes ipari anyagok kimutatására az ABV-felderítő szakalegységeket a következő, rendszerbe integrált és hordozható kivitelű eszközökkel látják el:

¹⁴⁷ Járműfedélzeti ABV-felderítő rendszer.

- GID-3 vegyjelző készülék, az FABV járműfedélzeti felderítőrendszerbe integráltan;
- CAM-vegyifelderítő műszer;
- AP4C-vegyifelderítő műszer;
- Dräger kimutatócső-készlet.

A rendszeresített fizikai kimutatási elvű készülékek közül kettő (GID-3, CAM) működése azonos elven, az ionmozgékony-ságspektrometrián (IMS) alapszik.

Az ionizációs folyamatok széleskörűen alkalmazhatók a vegyi felderítésben, ezt az elvet használják a laboratóriumban alkalmazható tömegspektrométerek. A normál nyomású levegő izotópokkal ionizálható. Amennyiben az ionizált gáztérbe valamilyen molekula kerül, az töltést vehet át az ionoktól. A töltés-átadási folyamatok lejátszódhatnak a komplex molekulaionok és a bekerült gáz-molekulák, illetve az elektronok és a gázmolekulák között. Az előző esetben a töltésátadással nagyobb móltömegű komplex ionok keletkeznek, amelyeknek megváltozik az ionmozgékony-ságuk. Ez az ionmozgékony-ság-változás érzékelhető és felhasználható detektálásra.¹⁴⁸

Az ionmozgékony-ságspektrométerek α - vagy β -sugárforrás segítségével ionizálják a beszívott levegőmintát, majd a keletkezett töltések mozgását elektromos impulzussal vagy váltakozó frekvenciájú térrel manipulálják. A módszer tulajdonképpen a töltött részecskék eltérő tömegére visszavezethetően, azok különböző mozgékony-ságát használja ki.

A technológia lényege, hogy a környezetből a gázelegyet szivattyú szállítja az eszközbe. Az elegy a műszerben áthalad egy α - vagy β -sugárzó hengeren, ahol az atomok, molekulák ionizálódnak. A különböző tömegszámú ionok ezután egy enyhén negatívan előfeszített rácshoz érkeznek. Egy részük rekombinálódik, nagyobb részük viszont a rács környezetében felhalmozódik. A rácsra kapcsolt pozitív impulzus hatására a nagyobb tömegszámú ionok lassabban, a kisebbek gyorsabban repülnek a detektorba. Annyi ionsomag érkezik a detektorhoz, ahány különböző tömegszámú ion alkotja a gázelegyet. Az ionáramot egy extrém nagy értékű ellenállásra vezetik. Az ellenálláson eső feszültséget erősítés után dolgozzák fel (mintavétel, A/D konverzió stb.). Ekkor a műszer a memóriájába felveszi az ionindítástól eltelt időmennyiségeket, ugyanis ezek jellemzők az adott tömegű ionra. Az azonosítás általános elve ezek után az, hogy egy belső könyvtárba előzőleg letárolják az összes lehetséges időintervallumhoz tartozó

¹⁴⁸ Halász László: *Haditechnikai ismeretek III.* Budapest, HM Haditechnikai Intézet, 1990.

összes lehetséges anyagféleséget. Miután minden egyes adathoz hozzárendelhető így egy atom- vagy molekulafajta, az azonosítás egy szoftver futtatásával megvalósítható.¹⁴⁹

Az IMS-technológián alapuló készülékek az 1990-es években terjedtek el, és hamarosan – részben a fegyveres konfliktusok színterein megjelenő vegyi fenyegetettség jellege okán, illetve megbízhatóságuknak és gyors kimutató-képességüknek köszönhetően – világszerte kedvelt vegyi felderítő eszközökké váltak, és számos haderő alegységszintű eszközeinek jellemző csoportját alkotják jelenleg is.

Az összetett minták kiértékelésében bizonytalan ionmozgékonyosság-spektrométerek viszonylag megbízhatók idegmérgek és hólyaghúzó típusú mérgező anyagok detektálásában.¹⁵⁰ Ezek az eszközök a fegyvernemi alegységek ABV-védelmi feladatainak ellátásához elegendő információt biztosítanak, könnyen kezelhetők, és működtetésük nem igényel speciális szakmai ismereteket. Ugyanakkor beszerzési költségük is kedvező.

Az elektronika fejlődése az 1980-as évekre hazánkban is lehetővé tette ezeknek az eszközöknek a kidolgozását és sorozatgyártását. Az első ilyen vegyi felderítő eszközünk a GVJ-1 készülék volt, amely az ABV-felderítő alegységek felszerelésének részét képezte.¹⁵¹

A hordozható IMS-detektorok átlagosan 10–30 másodperc alatt képesek érzékelni és azonosítani a mérgező harcanyagokat és a toxikus ipari vegyületeket (amelyik erre képes), vizuális és hangriasztást adva. Koronakisüléses ionmozgékonyosság-spektrometriai elven működő és radioaktív forrást tartalmazó mérési elvű típusok egyaránt megtalálhatók e detektorcsaládban. A fenti jellemzésből látható, hogy az IMS-technológia a vegyi felderítésben széleskörűen alkalmazott módszer.

Számos modell üzemeltethető távolról adatkábelen keresztül vagy vezeték nélküli technológiával. A korszerűbb eszközök GPS-technológia segítségével tárolják a műszer helyzetét, így az egyes mérések a későbbiekben térképen grafikusan rögzíthetők. Tápellátásuk változatos, vannak modellek, amelyek tölthető speciális akkumulátorral üzemelnek, és vannak, amelyek szabványos telepekkel

¹⁴⁹ Kovács (2002a): i. m.

¹⁵⁰ Kovács (2002a): i. m.

¹⁵¹ Halász László: Elveszett értékek (Befejezetlen vegyivédelmi eszközfejlesztések a HM Hadi-technikai Intézeténél). *Hadmérnök*, 9. (2016), 4. 56–68.

üzemeltethetők, ennek megfelelően üzemidejük is változatos, néhány órától akár több napig üzemben tarthatók egy feltöltéssel.

2.7.2. Azonos elven működő készülékek problémája

Fontos lehetőség a téves riasztások számának csökkentésére a különböző mérési elven működő eszközök egyidejű alkalmazása és a mérési eredmények összehasonlítása, hiszen az egyes kimutatási technológiáknak gyakran eltérő a zavarérzékenységük. Ennek alapfeltétele, hogy az ABV-felderítő alegységek heterogén eszközparkkal rendelkezzenek. Tekintettel arra, hogy az IMS-technológia többféle alkalmazási gyakorlata is elterjedt (AMDS, AFB), ez a zavarérzékenység a detektorcsaládon belüli választásokkal is csökkenthető, de biztosabb a más kimutatási elven működő eszközök együttes alkalmazása.

Minden kimutatási eljárás jellemezhető bizonyos, meghatározható detektálási érzékenységgel a mérgező harcanyagokra, illetve a veszélyes ipari anyagokra. Ez az érzékenység függ az ágenstől, befolyásolják a környezeti tényezők, és hatással vannak rá az alkalmazás körülményei is. Az ABV-felderítő szakalegységeknek leginkább megfelelő készülék kiválasztásánál ezt a szempontot is érdemes megfontolni. Az egyes eljárásoknak és készülékeknek meghatározható a zavarérzékenysége is, ami eredményezhet álpozitív kimutatási eredményt. Ennek elkerülése érdekében különböző zavarérzékenységű, különböző kimutatási elvű detektorokat célszerű alkalmazni adott vegyi felderítési eljárás során. A korábban már említett, az ABV-felderítő szakalegységek eszközparkjában megtalálható fizikai kimutatási elvű készülékek azonos működési elve indokoltá teszi eltérő működési elvű berendezés alkalmazásba vételét. A lángfotometria elvén működő vegyi felderítő eszközök számos előnyös tulajdonsággal rendelkeznek, amelyek a fentiekén túl alkalmazhatóvá teszik őket a vegyi felderítés műveleteiben.

A lángfotometria a minőségi analízisből ismert lángfestési próbának mennyiségi és minőségi analitikai alkalmazása. A módszer lényege, hogy a vizsgálandó oldat lángba porlasztásával a bejutott vegyületek termikusan disszociálnak. A disszociált atomok egy része gerjesztett állapotba kerül, nagyobbik hányada azonban alapállapotban marad. A gerjesztett atomok energiájukat fénykibocsátás útján adják le, amely sugárzás hullámhossza a gerjesztett atomok anyagi minőségére, intenzitása pedig azok számára lesz jellemző. A lángban a kén- és foszforvegyületek emissziós spektruma gyakorlatilag független a vegyület kémiai szerkezetétől. Ez arra utal, hogy a spektrumhordozó minden vegyülettípusra

azonos. A kénvegyületekben az S_2 molekula, a foszforvegyületekben a HPO a „spektrumhordozó”. A hidrogén-levegő lángban gerjesztett ilyen spektrumok intenzitása még viszonylag alacsony hőmérsékletű lángban is elegendően magas, azaz a megkövetelt érzékenység biztosított.¹⁵²

Az AP2C esetében a láng fénykibocsátását a foszfor- és a kéntartalom kimutatására kifejlesztett optikai szűrőrendszer segítségével elemzik. A fotoérzékelőre kerül a kibocsátott fényspektrum, amelyet a készülék elektronikai áramkörei feldolgoznak, és a veszélyességi küszöb átlépésekor riasztó jelzést adnak.¹⁵³

2.7.3. A lángfotometriás eljáráson alapuló eszközök új hordozható tagja, az AP4C

A lángfotometrián alapuló hordozható kézi eszközök elterjedt képviselője az AP4C. Működése közben levegőt szivattyúz a belső kamrájába, ahol hidrogén segítségével elégeti a beszívott elegy komponenseit. Egy miniaturizált spektrométer folyamatosan analizálja a láng színeképét. Az AP4C képes a mérgező harcanyagok mellett prekursorok, származékok, valamint mérgezőharcanyagkeverékek detektálására. Az AP4C alkalmas továbbá toxikus ipari vegyületek kimutatására is. Alkalmazható folyamatos üzemben pontdetektorként monitorozásra, ugyanakkor használható vegyi mentesítést követően a technikai eszközök felületén visszamaradt szennyeződések kimutatására egyaránt. A készülék üzemmód- és anyaglistaváltás nélkül, valós időben mér.¹⁵⁴



6. ábra: Az AP4C kijelzője

Forrás: Gamma Zrt.

¹⁵² Halász (1990): i. m.

¹⁵³ Kovács (2002a): i. m.

¹⁵⁴ AP4C kézi lángfotometriás vegyifelderítő műszer. (É. n.)

Tekintettel arra, hogy az organofoszfátok és a szerves kénvegyületek természetes előfordulása a levegőben a mérgező harcanyagok alkalmazásán kívül ritka, a lángfotometriás eljárás zavarérzékenysége kedvezően alacsony. Működtetése során nem kell számolni veszélyes anyagok felhalmozódásával a műszerházban, mivel a beszívott mintában lévő mérgező harcanyagok hőbomlást szenvednek a reakcióterben a hidrogén égetésével. Mivel így a mérgező (harc)anyagok nem halmozódnak fel a detektorban akkor sem, ha azok koncentrációja magas a levegőben, a készülék gyorsan „letisztul”, rövid időn belül újra alkalmazhatóvá válik.¹⁵⁵

A kijelző képen látható első oszlop az idegbénító mérgező harcanyagok, a második oszlop a nitrogéntartalmú toxikus ipari anyagok (hidrogén-cianid, ammónia) és a nitrogénmustár, a harmadik az arzéntartalmú mérgező harcanyagok (lewisite és arzin), a negyedik pedig a kéntartalmú mérgező harcanyagok (kénmustár) jelenlétét mutatja.

2.7.4. CAM-vegyifelderítő készülék

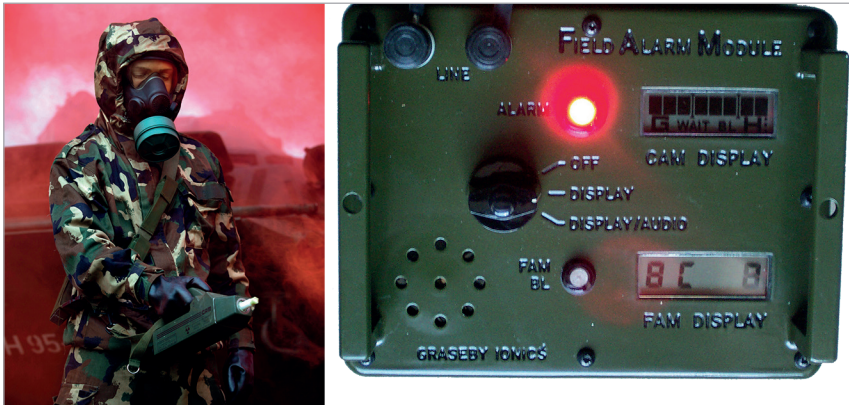
A Magyar Honvédség alegységeinél rendszeresített vegyi felderítő eszköz rendeltetése az idegbénító és a hólyaghúzó mérgező harcanyagok gőzkoncentráció-mértékének kimutatása és veszélyességi fokának megállapítása.

A CAM (*Chemical Agent Monitor*) érzékeli a mérgező harcanyagok gőzeinek jelenlétét a környezetben, és automatikus riasztást ad. Egy speciális távriasztó is csatlakoztatható a készülékhez annak érdekében, hogy a figyelmeztetés egy távoli helyen történjen, így akár tábori körülmények között is alkalmazható monitorozásra. Nem csupán kimutatja a G (idegbénító mérgező harcanyag) vagy H (hólyaghúzó mérgező harcanyag) mérgező anyagok jelenlétét, azok pára-koncentrációjának veszélyességi szintjét is megmutatja.

A CAM az idegbénító és hólyaghúzó mérgező harcanyagokat a Ni-63 sugárforrással egybeépített ionizációs kamra segítségével mutatja ki. A szivattyú mintát vesz a levegőből, majd a minta az ionizációs kamrába kerül, ahol az izotóp ionokra bontja, és ezek minőségét és mennyiségét összehasonlítja a beépített mikrochip adataival, így megállapítja a mérgező harcanyag típusát és veszélyességének mértékét.¹⁵⁶

¹⁵⁵ Sferopoulos (2009): i. m.

¹⁵⁶ A CAM-2 műszaki leírása, kezelési és karbantartási utasítása. Budapest, Gamma Műszaki Rt., 2001.



7. ábra: CAM vegyifelderítő készülék és riasztóegysége

Forrás: 1. kép – HM Zrínyi Nonprofit Kft. / Dévényi Veronika, 2. kép – a szerző felvétele

A CAM egykamerás eszköz, tehát vagy G, vagy H kimutatására alkalmas, egy üzemmódváltó gomb segítségével lehet átváltani. Egyszerre, egy időben tehát nem képes érzékelni mindkettő jelenlétét. Nem képes továbbá a veszélyes ipari anyagok kimutatására.



8. ábra: Vegyi felderítés CAM segítségével

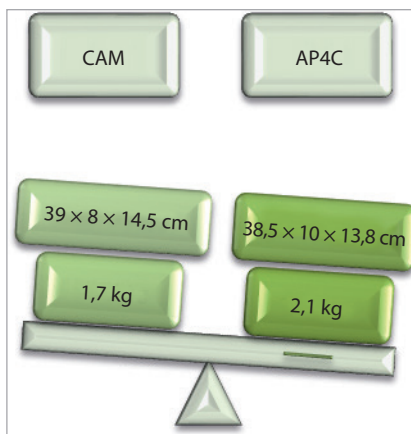
Forrás: a szerző felvétele

Mindezen jellemzőkkel a CAM alkalmasnak bizonyult vegyi felderítési feladatok végrehajtására, személyek, felszerelés, fegyverzet, harc- és gépjárművek, objektumok és a terep vegyi szennyeződésének megállapítására. Alkalmazható továbbá a mentesítés hatékonyságának ellenőrzésére, a légtérszennyezettség monitorozására.

A fejlesztések eredményeképp azonban napjainkra jóval hatékonyabb IMS-eszközök jelentek meg az ABV-védelem területén.

2.7.5. A CAM és az AP4C együttes alkalmazásának korlátai

A több különböző mérési elven működő eszközök együttes alkalmazása nem küszöböl ki minden, a használattal kapcsolatos nehézséget az ABV-felderítés során. Mindkét készülék tömege meghaladja az 1,5 kg-ot, ami nem elhanyagolható tényező.



9. ábra: A CAM és az AP4C eszközök méret- és tömegadatai

Forrás: a Smiths Detection.com adatai alapján a szerző szerkesztése

A méret és a tömeg egyértelműen meghatározza a kézi vegyi felderítő eszközök alkalmazhatóságát. Amennyiben csupán az eszköz szállítását vizsgáljuk, már akkor is lényeges a katona felszerelését érintő minden egyes gramm tömegcsökkenés. Az alkalmazást tekintve hasonló a hatás, a vegyi felderítés, valamint

az ellenőrzés alkalmával a készülék emelése, tartása során annak tömege közvetve hatással van a felhasználó terhelésén keresztül a felderítés hatékonyságára. A 9. ábra a két vegyi felderítő eszköz méret- és tömegadatait hasonlítja össze. Látható, hogy bár a különbség nem jelentős, az AP4C tömege 23%-kal nagyobb, ami lényegesebb viszont, hogy a két eszköz együttes tömege és térbeli kiterjedése jelentősnek ítéltető a felszerelések között.

A mérgező harcanyagok és toxikus ipari anyagok detektálási képessége szintén meghatározó fontosságú. A CAM képessége ezen a területen jóval alulmarad a lángfotometriás eszközzel történő összehasonlításban, ami irrelevánssá teszi az együttes alkalmazás tekintetében.

A CAM a mérgező harcanyagok közül az idegbénító és a hólyaghúzó típusúak detektálására képes úgy, hogy egyidejűleg csak az egyik típus kimutatását lehet vele elvégezni. Toxikus ipari anyagok felderítésére nem alkalmas.

Az AP4C üzemmód- és anyaglistaváltás nélkül, valós időben mér. Minden idegbénító, hólyaghúzó és általános hatású mérgező harcanyagot detektál, a mérgező harcanyagok mellett továbbá 42 toxikus ipari anyagot is.¹⁵⁷

A CAM modernizált változatai (ICAM, ECAM) korlátozottan képesek ugyan veszélyes ipari anyagok kimutatására, de alulmaradnak az AP4C teljesítményéhez képest.

2.7.6. A kis tömegű IMS-technológiájú készülék mint a CAM lehetséges alternatívája

Az ABV-felderítés feladatrendszerén belül, a mérgező harcanyagok és toxikus ipari anyagok detektálásának területén, a fizikai elvű kimutatási módszerek közül az IMS-technikán alapuló műszerek (CAM, GID-3) – olyan tulajdonságaik okán, mint a gyors kimutatás, megbízható működés és könnyű, felhasználóbarát kezelhetőség – napjainkig kedvelt eszközei a szárazföldi haderő alegségeinek. Az újabb fejlesztések eredményeként olyan mértékben javultak a detektorcsalád újgenerációs tagjainak egyes tulajdonságai, hogy ezzel mindenképpen figyelmet érdemelnek.

Az IMS-technológia új generációját képviselő eszközök fejlesztése során három fő területen értek el jelentős előrelépést. Ezek egyike az, hogy az eszköz

¹⁵⁷ AP4C kézi lángfotometriás... (é. n.): i. m.

nem tartalmaz radioaktív sugárforrást, a másik terület a méret- és tömegcsökkenés, és mindezek mellett szélesedett a kimutatható anyagok spektruma.

A radioaktív sugárforrást tartalmazó, viszonylag kis méretű eszközök általában ki vannak téve az elvesztés veszélyének. Az LCD 3-as¹⁵⁸ sorozat típusai könnyű kivitelű, kis méretű koronakisüléssel ionmozgékonyosság-spektrometriai elven működő, radioaktív forrást nem tartalmazó akkumulátorral üzemeltethető eszközök, amelyek alkalmasak mérgező harcanyagok, illetve veszélyes ipari vegyületek kimutatására a levegőből. Kis helyigény és alacsony fogyasztás jellemző rájuk.



10. ábra: LCD-3.2 vegyi felderítő készülék

Forrás: a szerző felvétele

Az LCD-3.2/3.3 egyszerűen csatlakoztatható övre vagy hevederre úgy, hogy annak hordtáskája nem akadályozza az eszköz kezelését. Hang- és fényriasztást ad a beállított értékek elérésekor, továbbá az LCD 3.3 típus könnyen olvasható folyadékkristályos kijelzővel is rendelkezik. A készülék használata egyszerű, nem igényel kalibrálást és bonyolult beállítási procedúrát. A hordtáska kialakítása lehetővé teszi kihangosító működtetését is. Az eszköz felszerelhető szívófeltéttel, ami szállítmányok, készletek, szennyezett területek vegyi ellenőrzését teszi

¹⁵⁸ Lightweight Chemical Detector.

lehetővé. Adatgyűjtő rendszerének memóriája képes 72 órányi üzemeltetési adatot eltárolni a későbbi elemzés érdekében. A készülék az RS232-interfész segítségével csatlakoztatható számítógéphez, lehetővé téve az adatok későbbi elemzését és a szoftverfrissítést.¹⁵⁹

Hordozható módon, mobil eszközökön és fixen telepítve egyaránt használható. Mérései elve IMS-technológia, de radioaktív sugárforrást nem tartalmaz. A készülék üzemmódjainak megfelelően alkalmas mind az alább felsorolt mérgező harcanyagok, mind pedig a veszélyes ipari vegyületek kimutatására. Mérgező harcanyagok (CW) detektálása az idegbénító mérgező harcanyagok (GA, GB, GD, GF, VX) mellett hólyaghúzó és általános hatású mérgező harcanyagokra lehetséges. Veszélyes ipari vegyületek detektálása tekintetében pedig a több mint 30 vegyületből 10 kiválasztott anyag egyidejű detektálására képes. Ez utóbbi mind az alegységek védelme, mind pedig az interoperabilitás szempontjából lényeges képességbővülés, amely jelenleg képességhiány alegységi szinten.

A veszélyes ipari üzemek tevékenységükből adódóan ugyanis mindig valamilyen kockázatot jelentenek a környezetükre, a veszélyeztetett területeken elhelyezett csapatokra és az ott élő lakosságra.¹⁶⁰

A vegyi felderítő eszköz működési paraméterei mellett fontos annak kompatibilitása más eszközökhez.

A jövő egyéni felszerelésrendszerének egyik meghatározó képessége a hálózatba kapcsolt működés, éppen ezért fontos, hogy annak minden eleme integrálható legyen. A hazai kutatások az LCD-vegyi felderítő eszközt egyéni felszerelésrendszerbe illeszthetőnek találták.¹⁶¹

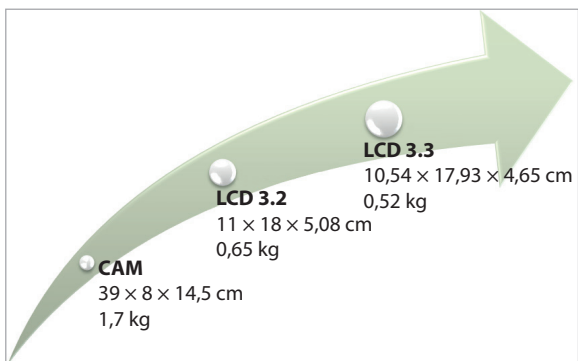
A 11. ábra a tárgyalt vegyi felderítő eszközök méret- és tömegadatait tartalmazza.

A vegyi felderítő eszköz másik fontos tulajdonsága annak várható üzemideje egy feltöltéssel. Az egy akkumulátorral, vagyis AA elemmel biztosított üzemidő lényeges az alkalmazói aspektusából is. Természetesen kívánatos a hosszú üzemidő, valamint a tápforrás gyors cserélhetősége.

¹⁵⁹ LCD-3.3. Smiths Detection. (É. n.)

¹⁶⁰ Kátai-Urbán Lajos – Pellérdi Rezső – Vass Gyula: Veszélyes ipari üzemek szándékos károkozás elleni védelme. *Bolyai Szemle*, 24. (2015), 2. 115–128.

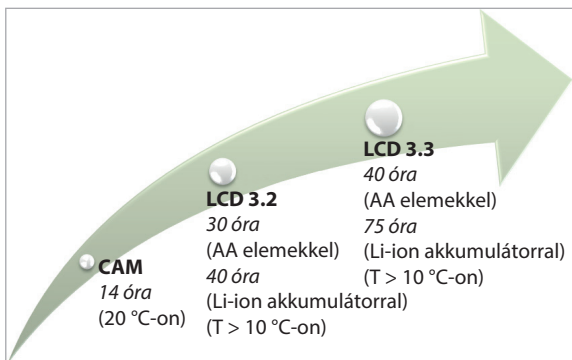
¹⁶¹ Gácsér Zoltán: *A katona harci képességét növelő korszerű, hálózatba integrált egyéni felszerelésrendszerének kialakítási lehetőségei a Magyar Honvédségben*. PhD-értekezés. Budapest, ZMNE, 2008.



11. ábra: A CAM, az LCD 3.2 és az LCD 3.3 eszközök méret- és tömegadatai

Forrás: a Smiths [Detection.com](https://www.detection.com) adatai alapján a szerző szerkesztése

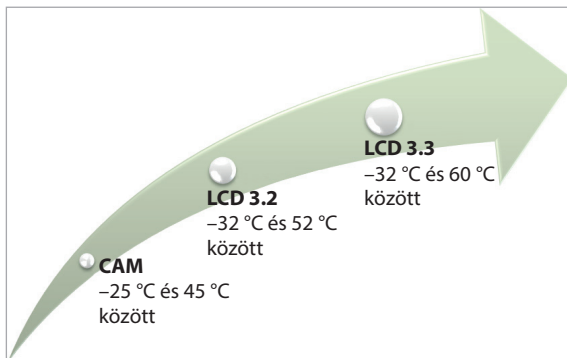
Fontos megjegyezni, hogy az LCD-sorozat típusai kereskedelmi forgalomban kapható szabványos alkalikus (AA) elemekkel, valamint tölthető akkumulátorokkal egyaránt üzemeltethetők. A CAM ezzel szemben akkumulátoros, akkumulátora pedig egyedi kialakítású és speciális töltőkészüléket igényel. A 12. ábrán látható összehasonlítás megmutatja a vizsgált készülékek üzemidejét meghatározott hőmérsékleti körülmények között.



12. ábra: A CAM, az LCD 3.2 és az LCD 3.3 eszközök jellemző üzemideje

Forrás: a Smiths [Detection.com](https://www.detection.com) adatai alapján a szerző szerkesztése

A működéshőmérséklet-tartomány szintén meghatározó. Szélsőséges időjárási – köztük hőmérsékleti – körülmények jellemzik számos jelenlegi műveleti területet, amennyiben a jövőbeni lehetséges hadszíntereket vizsgáljuk, akkor az egyes vegyi felderítő eszközök működéshőmérséklet-tartománya mindenképpen tág határok között kell hogy mozogjon.



13. ábra: A CAM, az LCD 3.2 és az LCD 3.3 eszközök működéshőmérséklet-tartománya

Forrás: a Smiths [Detection.com](https://www.detection.com) adatai alapján a szerző szerkesztése

A világban bekövetkezett biztonságpolitikai változások és az új típusú kihívások, amelyekkel az ABV-védelemnek is szembe kell néznie, válaszlépéseket generálnak, amelyek keretében a folyamatosan megújuló védelmi szektor adekvát válaszokat kell hogy adjon. A kritikus infrastruktúra elemei különösen veszélyeztetettnek számítanak. A korszerű eszközökkel megvalósított hatékony védekezés, az arra történő felkészülés vagy még inkább a lehetséges megelőzés pedig elengedhetetlen.¹⁶² Az ABV-védelmi képességek is radikális átalakuláson mennek keresztül, főleg az újabb és újabb technikai fejlesztések eredményeképp rendszerbe állított, hatékonyabb eszközökön keresztül.

A CAM esetben érzékelhető nehézségeket, mint az akkumulátor helyettesíthetősége, a kimutatható anyagok szűk spektruma és a fizikai méretek (kiterjedés, tömeg), az új eszközökben (LCD) kiküszöbölték. A mérés elve IMS-technológia, de radioaktív sugárforrást nem tartalmaz, ami biztonsági megfontolásokból is kedvező változást jelent. A detektálható mérgező harcanyagok, valamint

¹⁶² Kovács Zoltán: Fontos létesítmények IED elleni védelme. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32. (2012a), k. sz. 35–44.

a veszélyes ipari anyagok szélesebb tartománya, valamint azok egy időben történő kimutathatósága jelentős előrelépést jelent a személyi állomány kellő időben történő riasztása és a megfelelő ABV-védelmi intézkedések bevezetése területén. A készülék méretének és tömegének csökkentése ugyanakkor annak alkalmazhatóságát könnyíti meg a kezelő aspektusából, ami közvetve befolyásolja a kimutatás hatékonyságát is.

A fenti előnyös változásokon kívül az LCD mindkét változata könnyen integrálható a különböző szárazföldi harcjárművek fedélzeti rendszerébe, így viszonylag gyorsan fel lehet ruházni a járművet vegyi riasztó képességgel a kezelő-személyzet védelme érdekében, mind a mérgező harcanyagok, mind a toxikus ipari anyagok tekintetében. A készülék távvezérelhetősége fokozza annak rugalmas felhasználhatóságát. Hordozható módon, mobil eszközökön és fixen telepítve egyaránt használható. Folyamatos, valós idejű (real time) mérgező harcanyagok és toxikus ipari vegyületek kimutatása mellett számítógéphez, hálózathoz USB-n vagy RS-232 protokoll szerinti soros vonalon illeszthető.

A doktrínák, szabályzatok és eljárásrendek kihívásoknak megfelelő fejlesztése mellett az ABV-felderítés eszközeinek modernizálása a lehetséges veszélyforrások ismeretében továbbra is kulcseleme marad a védelmi képességek fenntartásának.

Az ABV-felderítésnek az ABV-esemény paramétereit leíró információkat minél hamarabb a műveletet irányító parancsnok rendelkezésére kell bocsátania, hogy annak döntéshozatalában segítségül szolgáljon az ABV-veszély elkerülése érdekében.

A műveleti területen az alegységek korai ABV-riasztásának jelentősége vitathatatlan. A harcosok túlélési esélye nagymértékben függ az ABV-védelem e jól körülhatárolt elemének hatékonyságától. A Riasztási és Értesítési Rendszer (RIÉR) forrásszintű „detektorhálózata” kell hogy biztosítsa az ABV-veszélyekre történő valós idejű figyelmeztetés megvalósítását. Ennek hiányában a katonát védelmező leghatékonyabb ABV-védelmi eszköz, a fizikai védelem részeként alkalmazott gázálc és védőruha életvédelem érdekében betöltött szerepe leredukálódik. A mérgező anyagok fizikai elvű kimutatásának különböző módszerei számos előnyt kínálnak, amelyek egyike a gyorsaság. Egyértelműen ez a jövő!

A vegyivédelmi szakalegységek által végrehajtott, jóváhagyott azonosítás alapvető feltétele, hogy az eltérő működési elvű vegyi detektorok alkalmazásával, azok eltérő zavarérzékenységének, valamint érzékenységének kihasználásával a lehető legkisebbre csökkenjen az álpozitív, valamint az álnegatív eredmények aránya.

A lángfotometriai elven működő AP4C alkalmazása jelentős képességbővülést jelenthet az ABV-felderítő szakalegységek számára, ugyanakkor megfontolandó az IMS-technológiájú CAM leváltása a jóval kisebb tömegű és nagyobb hatékonyságú, szintén IMS-technológiájú LCD-készülékre.

A továbbiakban a kimutatási képességek bővítésének irányát az LCD-hez hasonló méret- és tömegarányú, ahhoz hasonló azonosítási képességet mutató vegyi felderítő eszközök területén kell kitűzni.

A vegyi felderítő szervezetek eszközparkját úgy kell kialakítani, hogy annak elemeit a pontdetektorok hálózataként lehessen üzemeltetni – ez minimális követelmény a CBRN-fenyegetettség jelenkori kihívásainak való megfelelés érdekében.

A jövőben olyan, széles körben alkalmazható vegyi detektorok alkalmazásba vétele jelenthet fenyegetésarányos válaszlépést, amelyeket a jelenlegi eszközök működési korlátainak figyelembevételével fejlesztenek ki. A széles érzékelési tartományban működő, kis méretű, gyorsreagálású és alacsony fogyasztású detektoroknak képesnek kell lenniük a mérgező harcanyagok, valamint azok továbbfejlesztett vegyületeinek (nem hagyományos mérgező harcanyagok), továbbá a toxikus ipari anyagok és robbanóanyagok kimutatására és azonosítására, azok bármely halmazállapotában. Az érzékenység növelése, a szelektivitás javítása és az eszközök miniaturizálása lehetővé teszi folyamatos üzemmódban történő üzemeltetésüket úgy, hogy az nem korlátoz vagy akadályoz más tevékenységet, azaz észrevétlen működést biztosít. Az új fejlesztések (Field Asymmetric Ion Mobility Spectrometry – FAIMS, Rapid Thermal Modulation Ion Spectrometry – RTMIS) a fenti kívánalmak elérésével kecsegtetnek alacsony mintatérfogató-áram mellett, ami kis energiafogyasztást tesz lehetővé hosszabb üzemidővel.¹⁶³

A kutatások fókuszában áll továbbá olyan hatékony technikai megoldások keresése, amelyek lehetővé teszik különböző vegyi, biológiai szenzorok közös platformon történő elhelyezését, azok viselhetőségét ruházaton, felszerelésen, továbbá a különböző érzékelők cserélhetősége feltételeinek megteremtését.¹⁶⁴

A jelenlegi feltételek közötti gyors és pontos kimutatás igényét szem előtt tartva a robusztus, nagy tömegű, de hordozható kivitelű lángfotometriás vegyi detektor alkalmazása előrelépést jelenthet az ABV-felderítő alegységek képessége terén az ionmozgékonyág-spektrometriai elvén működő CAM készülékhez képest,

¹⁶³ Matthew J. Pollard et al.: Ion Mobility Spectrometer–Field Asymmetric Ion Mobility Spectrometer–Mass Spectrometry. *International Journal for Ion Mobility Spectrometry*, 14. (2011). 15–22.

¹⁶⁴ Jeffrey Woods: *APG/JPEO-CBD Advanced Planning Brief To Industry JPM NBC CA*. (É. n.)

azzal a megjegyzéssel, hogy a különböző mérési metóduson alapuló készülékek vegyi felderítés során történő használata továbbra is indokolt.

A különböző elven működő eszközök egyidejű használata biztosíthatja ugyanis, hogy a téves riasztások – akár az álnegatív, akár az álpozitív eredmények – előfordulása csökkenjen. Az AP4C és a CAM azonban azok együttes tömege okán a felderítő kezelő(k) teljesítménycsökkenését eredményezheti. Cél lehet az, hogy a sokoldalú lángfotometriás eljárást használó eszköz mellett az ionmozgékonyasságspektrometriai elven működő család előnyeit megtartva, de annak a CAM-nél jóval könnyebb és korszerűbb tagját rendszeresítve kibővített legyen az ABV-felderítő alegységek kapacitása.

Ezek az eszközök elegendő információt biztosítanak, könnyen kezelhetők, és működtetésük nem igényel speciális szakmai ismereteket, ugyanakkor beszerzési és üzemeltetési költségük is kedvező.

A fentiekben tárgyalt terület technikai fejlődése ellenére a vegyi fenyegetések egyre szélesebb spektrumával kell szembenéznünk. A hagyományos mérgező harcanyagokon kívül a nem hagyományos mérgező harcanyagokkal (NTA – non traditional agents), az úgynevezett Novicsok típusú idegmérgekkel és a gyógyszeralapú hatóanyagokkal (PBA – pharmaceutical-based agents) bővül a mérgező harcanyagok tárháza. Ezek kihívást jelentenek mind az ABV-felderítés, mind pedig a védelmi intézkedések szempontjából. Továbbra is megfogalmazódnak az aggodalmak a potenciálisan kettős felhasználású PBA-k kutatásával kapcsolatban, amelyek felhasználhatók lehetnek vegyi fegyverekben.¹⁶⁵ A kevésbé illékony mérgező harcanyagok észlelésének nehézsége csak az egyik kihívás, amellyel a fejlesztőknek meg kell küzdeniük. Ma nem állnak rendelkezésre olyan hordozható detektorok, amelyek a mérgező vegyületek teljes spektrumát képesek lennének kezelni. Erre a kihívásra ad lehetséges választ a 4. generációs detektorok fejlesztése, amely ígéretes eredménnyel kecsegtet.

A jövőben áthelyeződik a hangsúly az egyes mérgező harcanyagágensek kimutatásáról a széles spektrumú detektálásra. Az emberi fiziológiai reakciók mérése, illetve az egy időben több, különböző kimutatási elveken működő detektorokat üzemeltető szenzorhálózat jelenthetik a lehetséges fejlődési irányokat. Sikeresnek ígérkező kísérletek folynak a katona felszerelésébe integrált olyan miniatürizált érzékelők hálózatalapú alkalmazásával kapcsolatban, amelyek segítségével az AB-információk mellett a katonák fiziológiai adatai és helyzetük regisztrálása is lehetséges. A mesterséges intelligencia és a gépi tanulás révén kifejlesztett algoritmusok

¹⁶⁵ NATO (2022. június 14.): i. m.

segítségével pedig az információfeldolgozás rugalmasabbá válna, és lehetőség nyílna specifikus mintázatok feltárására.¹⁶⁶

A katonai műveleteket egyre inkább a hibrid hadviselés jellemzői fogják meghatározni, erőink súlypontjai ellen intézett indirekt támadások eszköze lehet improvizált robbanóeszközök használata is. Bár jelenleg a fent említett fenyegetés főleg a hagyományos IED alkalmazásában testesül meg, aggodalmak fogalmazódnak meg a vegyi, biológiai, radioaktív töltetű IED-k jövőbeni alkalmazásának kockázatával kapcsolatban. Tény, hogy – amennyiben a polgári vetületét nézzük – az egyre gyakoribb robbantásos merényletek mellett a fenyegetés és az ezzel járó figyelemfelkeltés markánsabb eszköze lehet a CBRN–IED alkalmazása, annak jelentősebb pszichológiai hatása okán.¹⁶⁷

Alegységeink várható alkalmazási területe sokszereplős, egyrészt az ellenfél és ellenség, másrészt többek között a különböző ellenálló, terrorista vagy egyéb csoportok jelenléte miatt. Jelen lehetnek ezek mellett a pszichológiai és információs hadviselést folytató erők, irreguláris erők, amelyek direkt, indirekt katonai és nem katonai akciókkal kívánják céljukat megvalósítani.¹⁶⁸

A műveletekben részt vevő állomány felkészítése a komplex improvizált robbanóeszközök elleni védelem (C–IED) jelentős eleme. A felkészítésnek számos területe van, többek között a műveleti környezet (helyzet) alapos ismerete, az IED-re utaló jelek felismerésének, a robbanószerkezet azonosításának képessége, a lehetséges ellenrendszabályok rendszere, jelentések és riasztások rendje és nem utolsósorban a CBRN-eszközök ismerete. A hatékony végrehajtáshoz a kiképzettség mellett megfelelő szervezeti felépítés, együttműködési képesség, valamint a feladathoz illeszkedő technikaeszköz-ellátottság is szükséges.¹⁶⁹ A cél megvalósítása érdekében alkalmazásba vett technikai eszközpark lényeges részét képezi a CBRN-anyagok felderítésére és azonosítására rendszeresített készülékek köre, amelyek hatékonysága jelenti az üzemeltető személyi állomány felkészültségével együtt a megfelelő választ a jövő katonai műveleteit jellemző kihívásokra.

¹⁶⁶ NATO: The Impact of Technological Trends on CBRN Defence Towards 2030. NATO Chief Scientist Research Report, 2022b.

¹⁶⁷ Berek Tamás: LCD-3 széria, mint lehetséges hatékony eszköz az alegységek ABV-védelmi felszerelés rendszerében. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26. (2016b), 1. 68–79.

¹⁶⁸ Boda József et al.: A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, (2016), 16.

¹⁶⁹ Kovács Zoltán: Repülőterek védelme improvizált robbanóeszközök (IED) ellen. *Repüléstudományi Közlemények*, 24. (2012b), 2. 70–79.

3. Az ABV-felderítő alegységek műveleti és környezeti kihívásai

3.1. Napjaink CBRN-kihívásai, a CBRN-eszközök

A robbanóeszközök egyaránt fenyegetést jelentenek a műveleti területen tevékenykedő csapatok és a civil lakosság számára a feladatvégrehajtás teljes ideje alatt, akár az ellenség általi alkalmazást, akár a korábbi hadviselő felek, valamint a szövetségesek általi alkalmazást nézzük. A műveleti területen ugyanakkor számítani kell improvizált robbanószervezetek használatára is.

Az improvizált robbanóeszközök olyan házilag előállított eszközök, amelyek a pusztító hatásukat a robbanás hatóerejével, az egészségre ártalmas vegyi, biológiai anyagokkal, pirotechnikai eszközökkel vagy gyújtó hatású anyagok segítségével érik el. Az IED szerkezeti felépítése általában kezdetleges kialakítású, de csak a készítőjének kreativitása és a rendelkezésére álló anyagok, alkotórészek mennyisége és technológiai színvonala határolja be az eszköz kifinomultságát.¹⁷⁰

Az IED lehet mobil telepítésű, illetve helyhez kötött. Az IED alapvető részét képezi a robbanóanyag-töltet, a töltet iniciálását biztosító detonátor és a detonátor működését kiváltó mechanizmus. Az előbbieken túl a robbanóeszköz kiegészítő részei lehetnek még az áramforrás, az időzítő berendezés vagy a hatásfokozó repeszek, illetve a rejtést biztosító valamilyen álcázó burkolat.¹⁷¹

A robbanóeszközök felderítéséről és hatástalanításáról szóló NATO STANAG 2143 is – kategorizálva az improvizált robbanóeszközöket – megjelöli a felsorolt kategóriák egyikeként a vegyi, biológiai, radiológiai fegyvereket, valamint ezek rögtönzött diszperziós eszközeit.

A tárgyalt CBRN-eszközök lehetnek egyrészt eltulajdonított vegyi, biológiai fegyverek, robbanó és nem robbanó szerkezetek, üzemszerűen gyártott vagy házilag előállított, illetve kombinált eszközök. Ugyanakkor a műveleti területen rendelkezésre álló és így hozzáférhető toxikus ipari anyagok veszélyét sem szabad alábecsülni. Ezek figyelembevétele különösen fontos a nem robbanó CBRN-eszközök, mint a különböző diszperziós eszközök lehetséges

¹⁷⁰ Kovács Zoltán: Katonai objektumok IED elleni védelmének lehetséges technikai megoldásai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23. (2013), 2. 114–121.

¹⁷¹ Kovács Zoltán – Szabó Sándor: Improvizált robbanóeszközök hatásai ellen történő védelem „DEFENCELL” készlettel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24. (2014), 3. 41–53.

felbukkanása tekintetében. Töltetük lehet tehát mérgező harcanyag, biológiai ágens, radioaktív anyag és toxikus ipari anyag egyaránt. A nem robbanó eszközök lehetséges típusa pedig az improvizált vegyi vagy biológiai anyagot porlasztó berendezés (permetezőgép, aeroszolfejlesztő generátor stb.). Ezek az eszközök előfordulhatnak ABV-szennyezett terepszakaszokon és tiszta területeken egyaránt.

A CBRN-anyagok nem állami szereplők általi használatának kockázata valószínűleg tovább növekszik. Számítani kell arra, hogy mindig lesznek olyan ellenséges csoportok (terrorista szervezetek), amelyek tömegpusztító fegyverek, CBRN-anyagok és -célbajuttató eszközök beszerzésére törekednek. A könnyebben hozzáférhető toxikus ipari anyagok is potenciális eszközei lehetnek CBRN-incidenseknek. A tudományos és technológiai innováció pedig további lehetőségeket kínál a bűnös szándékú elkövetőknek CBRN-anyagok beszerzésére és fejlesztésére.¹⁷²

A biztonsági szakértők egy része leggyakrabban a terrorakciók lehetséges eszközeként a radioaktív anyaggal „töltött” improvizált robbanószerkezetet (IRDE) jelöli meg aggasztó veszélyforrásként, de mindenképpen számításba kell venni azok vegyi vagy biológiai ágensekkel történő bűnös célú alkalmazását is.

A radiológiai eszközök alkalmazásának egyik lehetséges célja, hogy hagyományos robbanóanyag segítségével szórjanak szét sugárzó anyagokat bizonyos területen azért, hogy sugárveszélyt generáljanak a szennyezett térségben tartózkodó csapatok tevékenységi körletében, és a harctevékenység hatékonyságát csökkentő védelmi intézkedések megtételére kényszerítsék őket. Bár a radiológiai fegyver ellenség általi alkalmazásának nincsenek a műveleti terület egészére kiterjedő hatásai, ugyanis a radiológiai fegyvernek (eszköznek) nincs a nukleáris fegyverekkel összemérhető ereje, és sem az okozott sugárveszély mértéke, sem pedig a szennyezett terület nagysága nem elegendő a hadműveletek megállítására, pszichológiai hatásuk és az ABV-védelmi rendszabályok foganatosítása közvetve mégis akadályozhatja a műveleteket. A fontos, nagy jelentőségű katonai objektumok, egyebek mellett a logisztika (hadtáp) objektumai, kikötők, menet-, után- és hátraszállítási útvonalak szennyezését követő sugárfelderítés és mentesítés, valamint a védelmi intézkedések bevezetése következtében késedelmet szenvedhetnek lényeges műveletek.

Harcászati következményeit tekintve azonban rosszabbak a kilátások. A műveleti képességet érheti veszteség ezen erők tevékenységi körletében

¹⁷² NATO (2022. június 14.): i. m.

a radiológiai veszély által érintett területeken. Amennyiben a korlátozott kiterjedésű területen harcoló állományt hosszú ideig kell ABV-védőeszköz hatása alatt tartani, sűrűbben kell a váltásokat végrehajtani. Az alegység manőverszabadsága jelentősen romlik a szennyezett területek következtében.¹⁷³ A lehetséges terrorista célú alkalmazás súlyosabb következményekkel is járhat.

A radiológiai diszperziós eszközök (RDE) alkalmazása civil környezetben emberi veszteséggel, gazdasági károkkal és az ezeket nagyságrendekkel meghaladó pánikkal járhat. Az RDE hatása a meteorológiai körülményektől, a sugárzó anyag típusától és mennyiségétől, a besugárzás időtartamától és a diszperzió módjától függ. A radiológiai támadás következményeit felszámoló katasztrófavédelmi rendszerrel szemben támasztott elsődleges követelmény, hogy képesnek kell lennie a sugárhelyzet, a károk gyors felmérésére, a megfelelő beavatkozó erők és eszközök kijelölésére és mozgósítására, kidolgozott katasztrófavédelmi tervek alkalmazására, szükség esetén módosított terv kidolgozására. Az első beavatkozó erők és a kórházi személyzet felkészítése különösen fontos.¹⁷⁴

Az improvizált robbanóeszközök elleni védelem (C–IED) komplex tevékenységet foglal magában, amelynek három fő eleme a terrorhálózat megbontása, a robbanószerkezet semlegesítése, valamint a védelemben részt vevők felkészítése a feladataikra.¹⁷⁵

Az Európai Unió Tanácsa a 15912/08 számú „A terrorizmus elleni küzdelem stratégiájának és cselekvési tervének végrehajtása” tárgyú dokumentumában felhívja a figyelmet arra, hogy ezen CBRN-fenyegetésekkel szembeni védelem magában foglalja a CBRN-anyagok és -eszközök észlelését, azonosítását és megfigyelését, a CBRN-robbanóeszközök hatástalanítását (EOD), középpontjában pedig a biológiai felderítő eszközök fejlesztése és CBRN EOD-személyzet képzése áll.¹⁷⁶ A CBRN EOD-feladatok végrehajtására tehát olyan speciális összetételű tűzszerész csoportot szükséges alkalmazni, amely felkészült mind az ABV-veszélyek, mind pedig a robbanószerkezet hatásaival szemben azok hatástalanítása során.

¹⁷³ Berek (2011): i. m.

¹⁷⁴ Pellérdi (2007): i. m.

¹⁷⁵ Kovács (2013): i. m.

¹⁷⁶ Európai Unió Tanácsa: *A terrorizmus elleni küzdelem stratégiájának és cselekvési tervének végrehajtása*. 15912/08. sz. dokumentum. 2008. november 19.

A 11/2015. (HK 4.) HVKFKH szakutasítás alapján¹⁷⁷ a STANAG 2609 (ED1)¹⁷⁸ a „CBRN EOD feladatok nemzetközi környezetben” című NATO-s egységesítési egyezmény nemzeti elfogadása és hatályba léptetése 2015 szeptemberében megtörtént. Ennek okán, továbbá a biztonságot fenyegető jövőbeni kihívások tükrében mindenképpen érdemes áttekinteni néhány kérdést az érintett egyezmény vonatkozásában.

A CBRN-eszközök alkalmazásán kívül ezen eszközök hatástalanítása is jelentős kockázatokat hordoz magában. Tekintettel arra, hogy a hatástalanítás sikertelensége – a tűzszerészcsoporthoz kívül – hatással lenne a lakosságra, a környezetre, a művelési területen az adott katonai műveletre, olyan specialistákból összeállított csoport alkalmazására van szükség, amelynek körültekintően kell kialakítani struktúráját, és felállításával együtt meg kell határozni a résztvevők feladatait végrehajtói szinten és parancsnoki szinten egyaránt.

A hatékony és biztonságos feladat-végrehajtás érdekében a CBRN EOD-műveletek során a hatástalanításhoz szükséges tűzszerészi képességeknek ki kell egészülniük az ABV-védelem feladatrendszeréhez kapcsolható képességekkel, amelyek a kockázatértékelés, veszélykezelés – különösen az ABV-mentesítés –, kimutatás, azonosítás, monitorozás és az egészségügyi rendszabályok területeihez köthetők. Ez az összetett feladatrendszer az egyes részfeladatok összehangolt végrehajtását követeli meg, és mint ismeretes, az összetevők számának növekedése csökkenti a reagálás rugalmasságát, ami jelen esetben kulcsfontosságú feltétele a sikernek.

Tekintettel arra, hogy egyes esetekben speciális szakismeretek más katonai és polgári szerveken keresztül érhetők el, együttműködésre van szükség a társszervekkel, akár civil szakértői csoportokkal is, így az interoperabilitás feltételeinek megteremtése létfontosságú a műveletek zökkenőmentes végrehajtása érdekében.

¹⁷⁷ 11/2015. (HK 4.) HVKFKH szakutasítás NATO egységesítési egyezmények nemzeti elfogadásáról és hatályba léptetéséről.

¹⁷⁸ STANAG 2609 (ED1) Interservice Chemical Biological Radiological Nuclear Explosive Ordnance Disposal Operations (CBRN EOD) on Multinational.

3.2. ABV- (CBRN-) tűzszerészcsoporth (CBRN EOD) mint válaszlépés

A CBRN EOD-műveletek sikeres és biztonságos végrehajtása a csoport alapképességein és felszerelésén felül egyéb – külső – támogató elem jelenlétét igényli. A kockázatértékelés, a veszélykezelés – ideértve az ABV-mentesítés, valamint az ABV-felderítés (kimutatás, azonosítás, monitorozás) – és az egészségügyi intézkedések területén más szakterületek ismereteinek szinkronizálása elengedhetetlen.

A fenyegetettség értékelése és a sebezhetőségi vizsgálat alapvető fontosságú a CBRN EOD-műveletek előkészítéseként a biztonság növelése érdekében. A fenyegetettség elemzése során értékelni kell az összes veszélyt: a meteorológiai tényezőket, a robbanószerkezeteket, az ellenség vagy a műveleti területen jelen levő harmadik fél vagy többi résztvevő képességeit, illetve a környezeti, különösen az ipari veszélyeket. Ennek azonban előfeltétele az információmenedzsment. A megbízható forrásokon alapuló fenyegetettségértékelés lényeges azonban az adekvát, esemény előtti rendszabályok bevezetése érdekében is.

A CBRN-eszközök hatástalanítása veszélyek sokaságát magában hordozó tevékenység. A tevékenységi rend meghatározása érdekében a pontos és megbízható adatokon nyugvó sebezhetőségi analízis és fenyegetettségértékelés elsődleges fontosságú, amelyhez a primer adatokat viszont a CBRN-tűzszerész kell hogy szolgáltatssa. A pontos fenyegetettségértékelés érdekében a hatékony felkészítés alapkövetelmény.¹⁷⁹

A CBRN–IED hatástalanításának folyamata meghatározható különbséget mutat a hagyományos IED-k hatástalanításával szemben, ugyanis a robbanószerkezetekre kidolgozott hatástalanítási eljárások nem mindegyike alkalmazható ezekben az esetekben. Biológiai vagy vegyi anyag kiszabadulásának veszélyét figyelembe véve nagyobb lehet a veszélyeztetett terület, így megnövelt biztonsági távolságokat kell tartani, ami befolyásolja az evakuálási zóna határait is. A hatástalanítás során a tűzszerész védőruházatát ki kell egészíteni ABV-védelmet biztosító elemekkel, amelyek fokozzák a tűzszerészek leterheltségét. A személyzet igénybevétele fokozottabb lesz mind fiziológiai, mind pszichikai értelemben.

Annak megállapítása, hogy a (robbanó)szerkezet tartalmaz-e ABV-anyagot vagy sem, alapvető fontosságú, azonban ennek meghatározása megnöveli a hatástalanítási folyamat idejét. Ha a szerkezetet (IED) röntgensugárzást használó berendezéssel világítják át, az információt ad arról, hogy az eszköz belső kiala-

¹⁷⁹ Lásd: STANAG 2609.

kítása lehetővé teszi-e egyáltalán, hogy abban ABV-anyagot helyezzenek el, továbbá arról is, van-e benne valamilyen, az eszköz anyagától eltérő szerkezetű anyag vagy sem. Annak megállapítása azonban, hogy a szerkezet milyen ABV-ágenst rejt, hosszadalmas feladat.

A CBRN–IED által tartalmazott veszélyes anyag beazonosítása ugyanakkor elsődleges, hiszen ez határozza meg az ABV-fenyegetés szintjét, valamint a szükséges biztonsági lépéseket és a kordontávolságot egyaránt.

Számos olyan módszer van alkalmazásban, amely képes információt adni a tárolt anyagról a tartály (szerkezet) megbontása nélkül. Ezek a nem invazív eljárások roncsolásmentes analízist biztosítanak, nem szükséges a minta előzetes kémiai feltárása sem. Ilyen például az infravörös- (IR) spektroszkópia vagy a neutronaktivizációs analízis. Az IR-spektroszkópia alkalmazásának egyik lényeges korláta, hogy átlátszó „tartályok” esetében alkalmazható, ami az IED-re nem jellemző.¹⁸⁰ A neutronaktivizációs analízis esetében a fenti feltételnek nem szükséges teljesülnie. A neutronsugárzásnak kitett anyag stabil atommagjai és a sugárzás között lejátszódó kölcsönhatás eredményeképpen az anyagban radioaktív izotópok keletkeznek. A magreakciókat közvetlenül követő gamma-fotonok kibocsátása révén mérhető a gamma-sugárzás energiaspektruma, ami a kibocsátó atommagra jellemző, így következtetni lehet a besugárzott anyag elemösszetételére, valamint a spektrumban megjelenő gamma-energiákon – az úgynevezett teljesenergia-csúcsoknál – mért gamma-intenzitások alapján a már azonosított elemek mennyiségére.¹⁸¹

Az invazív eljárások lehetőséget adnak mintavételre és a CBRN-töltet átfeltetésére egy, a megsemmisítés helyszínére való biztonságos elszállítást lehetővé tevő speciális tartályba. A CBRN–IED köpenyének átfúrásával egy időben körbe is zárja a nyílást a fűrészerkezet, és a furaton keresztül lehet hozzáférni a belső tartalomhoz. A mintavétel pontosabb analízist tesz lehetővé. A veszélyes töltet átfeltetését követően a robbanóeszközt hagyományos IED-ként lehet kezelni, és akár a helyszínen is meg lehet semmisíteni. Ez alapján lehet preventív módon előkészíteni az ABV-mentesítő részleg, valamint az egészségügyi csoport tevékenységét.

A CBRN EOD-feladatok jellegükből adódóan veszélyesek, és személyi sérülés kockázatával is számolni kell. A kockázatok minimalizálása érdekében

¹⁸⁰ Steve Kennon: Contaminated Devices. *Intersec*, 2010. szeptember. 34–36.

¹⁸¹ Molnár–Balázs (2007): i. m.

a csoportot körütekintően kell összeállítani, és felkészítésükre nagy hangsúlyt kell fektetni.

Általános alapelv, hogy el kell kerülni az expozíciót, de ha az nem lehetséges, akkor a személyi állomány kitétségét az ALARA-elvnek¹⁸² megfelelően kell tervezni. Az elfogadható kockázatot illetően a többnemzeti CBRN EOD-műveletek végrehajtása előtt egyeztetés szükséges a részt vevő nemzetek között. A NATO-ajánlás szerint egyébként az expozíciós korlátokat illetően elsődlegesen az adott ország nemzeti szabályozása a mértékadó, ahol az incidens történt.

A CBRN EOD-műveletek nagy költségvonzatúak, végrehajtásuk nagy értékű berendezések alkalmazását igényli (például robotok), sőt tekintettel arra, hogy a vegyi, biológiai és radiológiai anyagokkal kombinált improvizált diszperziós eszközök hatástalanítása során számolni lehet azok szennyeződésével, szükség lehet még tartalék eszközök rendszerben tartására is.

Az alkalmazási költségeket emeli az is, hogy az érintett STANAG szorgalmazza, hogy a CBRN- (robbanó) eszközök biztonságos hatástalanítása érdekében létre kell hozni a célnak megfelelő és biztonságot szavatoló infrastruktúrával felszerelt létesítményt (Central Demolition Sites – CDS). Kinyilatkoztatja továbbá, hogy – tekintettel arra, hogy a CBRN- (robbanó) eszközök hatástalanításának megoldása többnemzeti feladattá válhat – a létesítmény jogszerű üzemeltetése érdekében nemzetközi alapelveknek megfelelő szabályozást kell kiépíteni, és azzal adekvát eljárásokat kell kimunkálni, természetesen a nemzeti irányelvek és szempontok szem előtt tartásával.

Tekintettel arra, hogy a CBRN-robbanószerkezetek hatástalanítása két egymással kapcsolódó, de különálló szakterület ismereteit igényli, a képzés és felkészítés is természetesen e két terület alapterületei köré kell hogy szerveződjön. Az ABV-védelmi szakembereknek tűzszerészeti ismeretek területén, a tűzszerész szakállománynak pedig az ABV-védelem területén kell alapterületeket szerezni. Ennek megfelelően a szükséges alapterület követelményeit is erre a két területre lehet csoportosítani.

Az IED-k elsődleges hatása mellett előtérbe kerül azok lélektani hatása (amit a műveletben részt vevő állományra, a katonai-politikai döntéshozókra, illetve a hazai polgári lakosságra kifejt), és ez növeli a stratégiai jelentőségüket. A módszerek tekintetében egyre aggasztóbb az előállítás kifinomultsága, valamint az a lehetőség, hogy a hatás fokozására alkalmazott vegyi, biológiai

¹⁸² As Low as Reasonably Achievable: a lehető legkisebb észszerű kockázat elve.

vagy radioaktív töltetekkel is számolni kell a jövőben.¹⁸³ A CBRN-eszközök, beleértve az improvizált diszperziós robbanószerkezeteket, tehát reális fenyegetést jelentenek műveleti területen a csapatokra és a civil lakosságra egyaránt.

Általánosan elmondható, hogy a CBRN EOD-tevékenységek végrehajtása – komplexitása miatt – magas szintű koordinációt követel. A biztonsági előírások pontos kidolgozása mellett speciális felkészítést és felszerelést igényelnek. A szakértők számításai alapján a CBRN-események bekövetkezése vagy akár azok közvetlen veszélye, illetőleg az ehhez kapcsolódóan kialakuló helyzet kezelése meghaladhatja az adott ország reagálási képességét, akár a katasztrofavédelmi, polgári védelmi mechanizmust, akár bármely egyéb – az elhárításban részt vevő – szervezet tevékenységét tekintjük. A helyzet kezelése okán megvalósított nemzetközi együttműködés kulcsfontosságú. Ennek sikere érdekében a helyzetfelismerésben, felderítésben és az elhárításban részt vevő szervezeteket fejleszteni kellett annak érdekében, hogy segíteni tudják egymás tevékenységét.¹⁸⁴

3.3. A jövő környezeti kihívása, az éghajlatváltozás

A NATO Klímaváltozási és Biztonsági Akciótervével összhangban a Szövetség az éghajlatváltozással kapcsolatos megfontolásokat folyamatosan beépíti eljárásaiba a CBRN-védelmi képessége fokozása érdekében. A szélsőséges és szokatlan környezeti körülmények ugyanis súlyosbíthatják a CBRN-incidensek következményeit, valamint a fertőző betegségek terjedésének felgyorsulását eredményezhetik.¹⁸⁵

Az éghajlatváltozás hatásainak viszonylag jól mérhető rövid távú és valamennyire prognosztizálható hosszú távú következményei befolyásolják azon szervezetek tevékenységét is, amelyek feladata a CBRN-információk beszerzése a környezetünkben, terepi körülmények között.

Az éghajlatváltozás Kárpát-medencében tapasztalható hatásairól elmondható, hogy növekszik a térség mediterrán jellege, ami a fokozatos felmelegedésben,

¹⁸³ Horváth Tibor: Az IED hálózat, mint korunk egyik aszimmetrikus kihívása. In Csengeri János – Krajnc Zoltán (szerk.): *Humánvédelem – békeműveleti és veszélyhelyzet-kezelési eljárások fejlesztése*. Budapest, NKE, 2016. 301–331.

¹⁸⁴ Berek–Pellérdi (2011): i. m.

¹⁸⁵ NATO (2022. június 14.): i. m.

valamint a csökkenő mennyiségű átlagos csapadékban fog megmutatkozni. A változó környezet miatt növekednek a szélsőségek: ez az árvizek esetében korai árhullámokat, nagyobb csúcsokat jelent, és gyorsabb lefolyással párosul majd.¹⁸⁶ Hazánk földrajzi helyzete miatt ugyanis erősen sérülékeny, ha az édesvízről van szó. Meghatározó folyóink a határon kívül erednek, így a víz mennyiségét és minőségét elsősorban a környező országok határozzák meg, ezért krízishelyzetben függünk mások jóindulatától.¹⁸⁷

Az éghajlatváltozással bekövetkező hőmérséklet-emelkedés egyértelműen megmutatkozik a jövőben az élet minden területén, és erőteljes, közvetlen hatást fejt ki szervezetünkre is.

A változékonyság ellenére az általános hőmérséklet-emelkedés az utóbbi 30 évben egyértelműen kimutatható. A 20. század kezdetétől 2010-ig a globális átlagos felszíni középhőmérséklet 0,74 °C-kal emelkedett. Az emelkedés intenzívebb a szárazföldeken, mint az óceánokon, ez igaz a szárazföldekkel sűrűbben borított északi féltekére is. 2001 és 2010 között a Föld átlagos felszíni középhőmérséklete 0,46 °C-kal meghaladta az 1961–1990 között mért középértéket. Ez az évtized a valaha mért legmelegebb volt. Annak ellenére, hogy bizonyos időszakonként stagnál a felszíni hőmérséklet, helyenként és rövidebb időszakonként számolni kell extrém magas hőmérsékletek kialakulásával.

Az éghajlatváltozás hatásai mellett számos más tényező is meghatározó a jövő biztonsági állapotát illetően. A tömegpusztító fegyverek léte és a különböző veszélyes anyagok környezetünkben növekvő volumene egy olyan, biztonságot meghatározó faktor, amelyet nem lehet figyelmen kívül hagyni a jövőben.

Akár a CBRN-monitorhálózat technikai aspektusát tekintjük, akár a felderítést és adatfeldolgozást végző szervezetek eljárásrendjét vizsgáljuk, ki lehet jelenteni, hogy mindkettőt befolyásolja – többek között – az időjárás és a dörmorzat, így az ezek változásait generáló hatások, tehát a klímahatások és azok módosulásainak nyomon követése és elemzése fontos követelmény.

A Meteorológiai Világszervezet 2022. évi állásfoglalása szerint 2021-ben globálisan rekord meleg volt, $+1,11 \pm 0,13$ °C-kal haladta meg az 1850–1900-as időszak átlagát. Városi környezetben ez a hőmérséklet-emelkedés fokozottabban jelentkezik.

¹⁸⁶ Glatz Ferenc: *Vízgazdálkodás a Kárpát-medencében*. MTA Társadalomkutató Központ, 2009.

¹⁸⁷ Padányi József: *Vízkonfliktusok. Hadtudomány*, 25. (2015), k. sz. 272–284.

Az éghajlatváltozás következtében hosszú távon világviszonylatban is megjelenő jelentős ökológiai és gazdasági probléma az aszály, illetve az egyéb időjárási szélsőségek, például a hirtelen, özvényszerű esőzések.

A magasabb átlaghőmérséklet, kevesebb nyári csapadék egyes összefüggő erdőterületek sztyeppesedését okozhatja. A humánegészségügyi hatások közül ki kell emelni azt, hogy a zoonózisok jelentősége emelkedni fog az éghajlatváltozás hatására. Könnyen terjedő és nehezen kontrollálható, esetenként szokatlan, súlyos megbetegedéseket okozó ágensek megjelenése várható. A vegetációs időszak várható növekedése, a magasabb téli átlaghőmérséklet és az ízellábúak természetes ellenségeinek csökkenő száma kedvező lehetőségeket teremt a vektoriális betegségek terjedésének. Új vektoriális betegségek megjelenésének lehetősége, és a már őshonos betegségek jelentőségének növekedése szintén várható az éghajlatváltozás következtében.¹⁸⁸ Ez a körülmény egyértelműen kihívásokat jelent a biológiai ágensek kimutatásával és azonosításával foglalkozó szervezetek számára egyebek mellett a szaktechnikai felszerelésük tekintetében.

A környezeti tényezők közül a klíma igen jelentősen befolyásolja az egészségi állapotot, a növekvő hőmérséklet hatására bőrkíütés, fáradtság, görcs, hirtelen ájulás, kimerülés, hóguta alakulhat ki. Ez a Kárpát-medencében tapasztalható éghajlatváltozás hatásai közül a legnagyobb jelentőségű. A legtöbb, hősséggel összefüggő megbetegedés a hőszabályozó rendszer különböző súlyosságú zavarára vezethető vissza. Az emberi szervezet rövid távon, általában 3–12 nap alatt képes alkalmazkodni a nagy meleghez, a szokatlan hőviszonyokhoz történő hosszú távú alkalmazkodás azonban akár évekig is eltarthat.¹⁸⁹

Több más tényező mellett az időjárás az a faktor, amely döntő befolyással van a mérgező és veszélyes anyagok terjedésére, hatására, maradására és detektálásukra. Az éghajlatváltozás meteorológiai tényezőkben megmutatkozó hatása meghatározó mind a fent említett folyamatok, mind pedig a felderítést és értékelést végző szervezetek tevékenysége, eljárásrendje tekintetében.

¹⁸⁸ Trájer Attila János et al.: Új vektoriális betegségek megjelenésének lehetősége, és a már őshonos betegségek jelentőségének növekedése a klímaváltozás következtében. A XXI. század egészségügyi és hadászati biztonságát fenyegető hazardok. *Hadtudomány*, 23. (2013), k. sz. 255–270.

¹⁸⁹ Páldy Anna – Bobvos János: Éghajlatváltozás és biztonság: humán-egészségügyi kockázatok. *Hadtudomány*, 23. (2013), k. sz. 6–20.

3.4. A terep és az időjárás hatása a mérgező harcanyagokra és a terjedésre

A mérgező harcanyagok terjedését jellemzően befolyásoló tényezők egyike a cseppméret. A mérgezőharcanyag-cseppek méret szerinti eloszlását illetően elmondható, hogy az erősen függ a diszperzió feltételeitől, amelyet pedig alapvetően a kijuttatás módja határoz meg. Itt a folyadékcseppek eloszlását lényegében az inerciális és a turbulens szóródás törvényszerűségei határozzák meg. Ekkor az időjárási tényezőkkel nem szükséges még foglalkoznunk.

A mérgezőharcanyag-folyadékcseppek légkörbe jutásakor a párolgási folyamatnak nagy jelentősége van, amelyben más tényezők mellett az időjárás egyes elemeinek is meghatározó a szerepe. A cseppek diszperziójakor képződő párolgás rövidebb vagy hosszabb időtartama a következőktől függ: az anyag fizikai-kémiai tulajdonságai, az alkalmazás módja és olyan külső körülmények, mint a hőmérséklet. Az anyag gőztenziója, diffúziós együtthatója, a hőmérséklet és a levegő-áramlás sebessége és struktúrája is meghatározó szerepet töltenek be a párolgás folyamatában. Attól függően is, hogy a mérgező harcanyag cseppek formájában van jelen a levegőben, vagy különböző pórusmentes felületek felszínén terül folyadékfilmként, illetve porózus felületek pórustérfogatában van, a párolgás folyamata különböző.

Mozdulatlan légköri állapotot feltételezve – ami szabad terekre nem jellemző – a párolgási sebességet meghatározó tényezők között kell említeni a molekulatömeg, a gőznyomás és a diffúziós együttható mellett a hőmérsékletet is mint időjárási tényezőt. Terepi körülmények között viszont a párolgás nem mozdulatlan légkörben, hanem valamilyen légáramlatban zajlik, amely áramlás a párolgó felülettel párhuzamos, illetve valamilyen szöget zár be, továbbá annak sebessége, nyomása és hőmérséklete állandóan változik. Figyelembe kell venni az adott anyag levegőre vonatkoztatott sűrűségét, amely alapvetően meghatározza a függőleges terjedést. A mérgezőharcanyag-felhő terjedése minden irányban megfigyelhető, még a felső levegőrétegekben is, ahol általában a levegő áramlási sebessége nagyobb, mint a felszínközeli rétegekben, ami azt eredményezi, hogy a mérgezőharcanyag-felhő felső rétegei megelőzik az alsó rétegeket, és a turbulencia hatására minden oldalra szétszóródnak, miközben csökken a mérgező anyag koncentrációja. Ezek az alacsonyabb koncentrációjú, gyorsabb rétegek akár 50–100 méterrel is megelőzhetik a mérgezőharcanyag-felhőt. Pozitív hőmérsékleti gradiensértékek esetén előfordulhat, hogy az egész felhő a magasabb levegőrétegekbe emelkedik, aminek a valószínűsége növekszik a szélsébséggel

csökkenésével, így akár teljesen el is szakadhat a talajfelszíntől. A szélsébség növekedésével csökken a pozitív hőmérsékleti gradiens hatása. A viszkozus tulajdonságú maradó mérgező harcanyagok esetében ráadásul, ha az ágens párolgási sebessége meghaladja a sűrítő anyagét, akkor a folyadéksepp felszínén kezdetben sziget jelleggel, majd a felszínt teljesen beborítva filmréteget képez a sűrítőanyag, csökkentve ezzel a párolgási sebességet. A mérgező harcanyag hőmérséklete és illékonyága meghatározó hatással van a filmréteg kialakulására, a szélsébség növekedése pedig – gyorsítva a párolgást – meggyorsítja a filmréteg kialakulását a sepp felszínén. A hőmérséklet emelkedése egyértelműen hatással van a viszkozításra, a filmréteg kialakulásának dinamikájára, így a párolgásra is.¹⁹⁰

A légkörbe kijuttatott mérgező harcanyag és a szennyezett felületről párolgó mérgező harcanyag felhőt alkot, amelynek adott területen való tartózkodási ideje és a koncentrációja határozza meg alapvetően a veszély mértékét, az anyag toxicitása mellett. Éppen a két faktor alakulására ható folyamatok monitorozása rendkívül lényeges a felhő terjedése szempontjából.

A mérgezőharcanyag-felhőre közvetlenül hatást gyakorló légköri folyamatok közül főleg az alsó légrétegekben lezajló hatásoknak van kiemelt szerepük. A mérgezőharcanyag-felhő légköri mozgásakor a térfogatának növekedése mellett a kezdeti koncentráció csökkenése figyelhető meg. A légkör alsó rétegeinek felépítését nagymértékben meghatározza az alatta elhelyezkedő talajfelszín jellege, annak tulajdonságai, hiszen a levegő hőmérsékleti rendszere függ a talaj hőmérsékletétől és hőegyensúlyától.

A termodinamikai hatások lényeges talajfizikai paraméterei a felszínközeli talajrétegek hőmérséklete, valamint a talaj nedvességtartalma. A talaj hőmérsékletének és nedvességtartalmának alakulásából megállapítható a hőkapacitásbeli rétegzettség. A hőkapacitás mellett fontos tényező a talaj nedvességtartalma. A talaj porózus terében a kapilláris erőtér nagy mennyiségű vizet képes a nehézségi erővel szemben visszatartani. A különböző talajtípusok az eltérő kapilláris szerkezet folytán változó vízmennyiség visszatartására képesek. A nagyobb nedvességtartalom növeli a párolgás energetikai feltételét. A nagyobb vízvezető képesség egy bizonyos határig növeli a talaj vízkészletét, a kapillárisok szélsőséges növekedése azonban már rontja a vízvezető képességet, és csökkenti a talajközeli réteg levegőjének energiatartalmát. A nedvességtartalom hőmérséklet-csökkentő hatását kiegészíti a hőmérséklet-csökkenésből adódó

¹⁹⁰ A vegyifegyver. MH Vegyivédelmi Szolgálatfőnökség, 1967.

párányomás-csökkenés, amelyet ugyan ellensúlyoz bizonyos mértékig a párolgás, azonban alacsony hőmérsékleten egyre kisebb mértékben.¹⁹¹

Az időjárás tehát annál nagyobb mértékben függ a talaj tulajdonságaitól, minél nagyobb a hőmérsékleti és a nedvességi kontraszt a talaj és a talajközeli levegő között. A talaj időjárást alakító hatása megmutatkozik nyáron, amikor a felszíne meleg, és fölötte viszonylag hideg levegő van (advekción). Vagy télen, amikor a talaj fagyos, és fölötte viszonylag meleg levegő van. Az előbbi esetben a levegő instabillá válik, azaz intenzív vertikális feláramlások jönnek létre (konvekció), ami végül is zivatar kialakulását eredményezheti. A zivatarokat az esetek nagy többségében záporosó – esetenként jégverés –, valamint viharos széljárás kíséri. Az időjárás alakulása szempontjából a talaj és a levegő közötti hőmérsékleti kontraszt a meghatározó, ugyanis ez a hőmérsékleti különbség eredményezi a konvekciót, ami pedig a csapadékképződést. A talaj és a levegő közötti nedvességi kontraszt pedig közvetett hatással van a hőmérsékleti kontrasztra. Ez a hatás azonban a víz nagy hőkapacitása és párolgási hője miatt jelentős. A száraz talaj felmelegedése gyors és aránylag intenzív folyamat. Ezzel szemben a nedves talaj felmelegedése – a száraz talajéhoz képest – sokkal lassabb, és kisebb intenzitású, elsősorban a nedves talaj nagy párolgása és hőkapacitása miatt. E különbség olyan jelentős lehet, hogy az időjárás vonatkozásában is meghatározó.¹⁹²

A légköri hőmérsékleti különbségekből adódó légáramlások jelentős mértékben változnak meg a talajfelszín hatására is. Az egyenetlenségek körüláramlásakor képződő örvényáramlás következtében a levegő mozgása a talajközeli rétegekben kisebb sebességű, mint a felsőbb levegőrétegekben. Ezen örvénylés a hőmérséklet és a páratartalom bizonyos mértékű kiegyenlítését eredményezi az alsó légrétegekben, továbbá az örvényszerű súrlódás az alsó légrétegekben keletkező szél hőmérsékletének és nedvességtartalmának profilját is meghatározza.

A turbulens diffúzióra közvetlenül ható talajérdesség a talajfelszín egyenetlenségei és a növénytakaró jellegétől függően parametizálható. Az érdességi paraméter értéke jelentős mértékben függ az egyenetlenség (például növénytakaró)

¹⁹¹ Szász Gábor – Nagy Zoltán: A légköri és a felszíni hatások elkülönítésének lehetőségei a felszínközeli súrlódási rétegben. In Weidinger Tamás – Geresdi István (szerk.): 32. *Meteorológiai Tudományos Napok*. Budapest, Országos Meteorológiai Szolgálat, 2007. 125–150.

¹⁹² Ács Ferenc – Breuer Hajnalka – Horváth Ákos: A talaj szerepe az időjárás alakulásában. *Agrokémia és Talajtan*, 57. (2008a). 225–238.

magassága mellett a havas felületek állapotától (alacsony porhanyós vagy közepes egyenetlen hótakaró) is.

A földfelszín növényzettel való borítottsága más tekintetben is meghatározó. A talaj-növény rendszer befolyásolja az időjárás alakulását. Az időjárást a növényrendszer hasonlóan alakítja, mint a talaj.

Nyáron, amikor a növényrendszer felszínén magasabb a hőmérséklet, mint a fölötté elhelyezkedő hideg levegőé, a szeles időjárás miatt a levegő instabillá válik, ez intenzív konvekciót és felhőképződést eredményezhet. Télen, amikor a fagyos növényrendszer fölé meleg levegő érkezik, és a légkör a felszín közelében stabil rétegződésű, a terepet köd lepi el. A ködös időjárás mellett megjelenhet jeges zúzmara is. A talaj-növény rendszer időjárás-alakító szerepe a konvektív típusú időjárási helyzetekben, mezoliptékben igen nagy, és a talaj hatása zivatarfelhőkben uralkodó csapadékképződési folyamatokra semmivel sem kisebb a növényzet hatásánál.¹⁹³

A talaj és a növényzet mellett a városi környezet mikroklimája is befolyásolja a mérgezőanyag-felhő mozgását. A városok ugyanis jelentősen módosítják a levegőkörnyezet szinte minden jellemzőjét a környező területekhez viszonyítva – összességében egy helyi klímát alakítanak ki. E városi klíma kialakulásakor a hőmérséklet változik leginkább a környezetéhez képest. A jellegzetesen növekvő hőmérséklet úgynevezett városi hőszigetet hoz létre. Gyenge, nagylép-tékű légáramlások esetén a városi terület általában melegebb a környezeténél, ami egy konvektív feláramlást és a magasabb légrétegekben egy szétáramlást indít el. A felemelkedő levegő pótlására a külső területek felől egy befelé tartó áramlás alakul ki a felszín közelében. Ez a befelé tartó áramlás a városi szél, a teljes áramlási rendszer pedig a hősziget-cirkuláció.¹⁹⁴

Az éjszakai órákban kialakuló hősziget leginkább tiszta égbolt, kis szél esetén stabil. Ilyenkor még 8 °C körüli hőmérséklet-különbségek is adódhatnak a környezeti hőmérséklet értékei felett. Erős inverziós viszonyok között, különösen, ha széliránnyal szemben a város szélén dombos vidék található, a város feletti „hősziget” miatt kettős inverzió alakul ki, és a két inverziós határréteg közötti mező igen stabil képződmény. Ilyen esetben a város feletti „hősziget” a szélirányban nagy távolságra – mintegy füstászlóként – is elhúzódhat. A városi hősziget

¹⁹³ Ács Ferenc – Breuer Hajnalka – Horváth Ákos: Esszé a talaj, a növényzet és a zivatarok közötti kapcsolatrendszerről. *Légkör*, 53. (2008b), 4. 20–23.

¹⁹⁴ Kristóf Gergely et al.: A városi hősziget által generált konvekció modellezése általános célú áramlástanai szoftverrel – összehasonlítás kisminta kísérletekkel. In Weidinger Tamás – Geresdi István (szerk.): *Felhőfizika és mikrometeorológia*. Budapest, Országos Meteorológiai Szolgálat, 2007. 95–104.

kialakulásában szerepet játszik a felszín hőtani tulajdonságaiban lévő különbség a környezethez képest, a párolgási sebesség különbsége a város és környezete között, a város mesterséges hőforrásai által termelt hő és a város feletti szennyezett légtérből származó, hosszú hullámú viaszszugárzás a talaj felé. Mérsékelt szélű éjszakák a környezetben általában stabil légköri viszonyok alakulnak ki, ilyenkor a leghatározottabb a városi hősziget képződménye, szélmentes éjszakák a városi hősziget egyetlen konvektív csatornává is átalakulhat.¹⁹⁵

A domborzati elemek, függőleges akadályok is befolyásolják a mérgezőharcanyag-felhő terjedését. A terep domborzatának változásai, az erdők és nagyméretű objektumok akadályozzák a felhő mozgását. Egyes esetekben a domborzat és egyes terepelemek közelében helyi szelek alakulhatnak ki, amelyek eltérhetnek mind áramlási irányukban, mind sebességükben az adott térségben uralkodó légáramlatoktól. Széles akadályok hatására az akadály előtt a felhő szétterül, főleg, ha kis terjedési sebességű. Az akadály mögötti aerodinamikai árnyék szakaszán, amely az akadály magasságának 6–10-szerese, a mérgező harcanyag jóval kisebb koncentrációja és alacsony szélesebesség jellemzi az áramlást. A felhő terjedésének jellegére befolyást gyakorolhat a mozgási útvonalán levő vízmosság, horhos vagy szakadék. Gyenge inverzió és alacsony szélesebesség mellett a mérgezőharcanyag-felhő behatol a mélyedésekbe, és tartósan megmaradhat, ugyanakkor erős inverzió esetén a negatív gradiens hatására a hideg levegő beszorul a mélyedésekbe, és ha ez erős széllel párosul, akkor a mérgezőharcanyag-felhő átgördül a mélyedések fölött. A völgyek, horhosok pusztája jelenlétükön kívül a felhő terjedési irányához viszonyított fekvésükkel is befolyásolják a mérgezőharcanyag-felhő terjedését. Éles szögű találkozás esetén a felhő mozgási irányát eltéríti, merőleges fekvés esetében a felhő szétfolyik a völgyben. Párhuzamosság esetén a felhő behatol a völgybe, ahol kisebb a szélesebesség.

A terep fedettségének, beépítettségének, végső soron fizikai értelemben vett érdességének, valamint a domborzat hatásait jól lehet elemezni, szimulálni numerikus áramlástani, más néven CFD- (*Computational Fluid Dynamics*) szoftverekkel,¹⁹⁶ digitális térképészeti adatbázis és digitális domborzati modell segítségével.¹⁹⁷ A 2000-es évek közepén sokrétű és sikeres kutatásokat folytattak ez irányban.

¹⁹⁵ Halász László: *ABV-védelmi meteorológia*. Egyetemi jegyzet. Budapest, ZMNE, 2004.

¹⁹⁶ Csurgai József et al.: ABV-anyagok terjedésének numerikus, számítógépes szimulációja. *Hadi-technika*, 39. (2005), 1. 13–19.

¹⁹⁷ Csurgai József et al.: Numerical Simulation of Transmission of NBC Materials. *AARMS*, 5. (2006), 3. 417–434.

3.5. A terep és az időjárás hatása az ABV-felderítő alegységek tevékenységére

Az olyan szélsőséges intenzív időjárási jelenségek, mint a tartós és intenzív esőzés, havazás, orkán jellegű szélvihar, gyorsan bekövetkező felmelegedés vagy lehűlés, illetve ezek egymásra torlódó váltakozása, és tartós hóhullám váratlan kialakulása közepette is a korszerű CBRN-felderítő komplexumoknak működőképesnek kell maradniuk. Ehhez elengedhetetlen a belső terek klimatizálása és vegyi, biológiai és radiológiai szennyezések elleni védelme. A teljes személyzetet kondicionálni képes eszközök hatékonyak egy jól szigetelt harcjármű esetén, amennyiben a személyzet normál ruházatot visel, de kevésbé hatékonyak akkor, ha a személyzet öltözete vegyvédelmi védőruha. Ezért a jövőben kiegészítő lokális hűtőberendezést kell beépíteni az ABV-védelmi rendszerrel kombinálva. Az éghajlatváltozás befolyásolja a haditechnikai eszközök rendszerben tartását, javítását, és megváltoztathatja az életciklusukat. A hőmérséklet az egyik meghatározó klimatikus paraméter. Szélsőséges hatást jelent, ha nagy a különbség a nappali és éjszakai hőmérséklet között. A részben árnyékos helyen álló technikai eszközök felületén, illetve a felhevült technikai eszközökön egy hirtelen lezúduló csapadék esetén jelentős hőmérséklet-különbségek alakulhatnak ki, amelyek feszültséget és deformációt okoznak.¹⁹⁸

Ilyen veszélyes meteorológiai szélsőséges jelenségek gyorsan kialakulhatnak kifejezetten forró, nyári időszakban, amikor a felforrósodott talajfelszín – erős konvektív feláramlást generálva – hirtelen bekövetkező intenzív csapadék-képződést eredményez.

A konvekció ugyanis, természeténél fogva, kis területeken gyorsan képes jelentős légköri energiákat felszabadítani, amelyek gyakran előidéznek hirtelen felépülő zivatarok, zivatarrendszerek formájában veszélyes időjárási folyamatokat. A konvektív viharok különböző struktúrájú felhő- és csapadékrendszereket hoznak létre. A zivatargócokban a cellák egymást erősítve veszélyes időjárási jelenségek tucatjait hozhatják létre, az orkán erejű szélről a felhőszakadáson át a jégesőig.¹⁹⁹

¹⁹⁸ Halász László: Éghajlatváltozás és haditechnika. *Hadtudomány*, 23. (2013), k. sz. 52–66.

¹⁹⁹ Horváth Ákos: A mezoskálájú folyamatok szerepe a konvektív felhőképződésben. In Weidinger Tamás – Geresdi István (szerk.): *Felhőfizika és mikrometeorológia*. Budapest, Országos Meteorológiai Szolgálat, 2007.

A talajfelszínen megjelenő csapadék mennyisége növeli a talaj pórusterének nedvességtartalmát, amely időjárást alakító hatása mellett befolyásolja a mérgező anyag párolgását, valamint hidrolízisét, továbbá a talaj kapillárisálózatának telítése esetén a mérgező vegyületek talajban és talajfelszínen bekövetkező mozgását.

A mérgező harcanyagok terepen való megmaradásának időtartalma alapvetően ugyanis az adott harcanyag fizikai-kémiai tulajdonságaitól, a diszperzió jellegétől és a talaj, valamint a levegő hőmérsékletétől, illetve a nedvességtartalmától függ, amelyek a talajról való párolgás intenzitását és a harcanyag hidrolízisének intenzitását határozzák meg. A mérgező harcanyagok terepen való viselkedését tehát befolyásolja – a felszínre kihullott cseppek abszorpciója mellett – a mérgező harcanyag hidrolízise a talaj nedvességtartalmával és a mérgező harcanyag párolgása a talajról. A mérgezőharcanyag-cseppek nem pórusos felületre érkezve elvesztik gömb alakjukat, és szétfolynak a felületen, pórusos felületre érkezve viszont felszívódnak. Növényzettel borított területen a mérgező harcanyag nagy része a növényzet és a levelek felületén, valamint a szárazon figyelhető meg, száraz növényzet esetén azonban a fő tömeg nagy része a talajra hullik, felszívódva abban. A talaj pórusos szerkezetébe való áramlását a kapilláris erők teszik lehetővé, amely beáramlást a talaj tömörsége, nedvességtartalma és hőmérséklete befolyásolja. A talaj pórusterének vízzel való telítettsége (hirtelen elöntések vagy tartós esőzések esetén) viszont megakadályozza a beszívódást. A mérgező harcanyag száraz talajba történő szivárgása a nagy méretű kapillárisoktól a kis méretűek felé addig tart, amíg egyensúlyi állapot alakul ki, ezután a mérgező harcanyag terjedése már gőz halmazállapotban történik. Csapadék hatására a talaj kapillárisaiban vízáramlások alakulnak ki, amelynek során a mérgező harcanyag behatolási mélysége növekszik, azonban fokozódik a hidrolízis folyamata is. A hidrolízis reakciója a mérgező harcanyag bomlásához vezet annak talajban való tartózkodási ideje alatt. A hidrolízis sebessége a hőmérséklet és az anyag savtartalmának növekedésével nő. A talajnedvesség fokozódásával a hidrolízis sebessége kezdetben nő, majd maximuma elérését követően csökken.²⁰⁰

A hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadék a talaj pórusterében lévő mérgező anyagokra kifejtett hatásán kívül meghatározóan befolyásolja a terep járhatóságát, így a CBRN-adatokat gyűjtő alegységek mozgásképességét, azaz a felderítési kapacitását. A felderítési útvonalakat, figyelőpontokat, valamint a megközelítési útvonalakat is nehezebb ilyen körülmények között előre meghatározni.

²⁰⁰ A vegyifegyver (1967): i. m.

A fenti hatások befolyásolják a technikai kiszolgálás rendszerét is, azaz az eszközök tervszerű, rendszeres ellenőrzését, karbantartását és feltöltését.

3.6. A Detektálási technika környezetfüggése

Az EU CBRN-kockázatok detektálásának és csökkentésének új megközelítéséről szóló, 2014-ben kiadott dokumentuma kinyilatkoztatja, hogy a tagállamoknak ki kell alakítani a CBRN-fenyegetésnek megfelelő felderítési rendszert, amelyet egységesített minimumstandardok alapján olyan detektorparkkal kell felszerelni, amely adekvát választ jelent a jövő CBRN-fenyegetéseivel és más egyéb alkalmazási kihívásokkal szemben.

Ilyen alkalmazási kihívást jelentenek az időjárási tényezők extrém megnyilvánulásai, hirtelen változásaival együtt. Az éghajlatváltozás egyik manapság is gyakorta tapasztalható és kézzelfogható hatása pedig éppen ez.

Az ABV-felderítést végző alegységek felszerelése ezért kritikus tényező, amely alapvetően meghatározza a képességet. A vegyi, biológiai és radioaktív anyagok kimutatását és azonosítását lehetővé tevő eszközök kapacitása meglehetősen érzékeny faktor ebből a szempontból, és ezt nem szabad figyelmen kívül hagyni. A CBRN-felderítő alegységek felszerelésének – de bármely más szervezet (például katasztrófavédelem) vegyi felderítést végző csoportjai felszerelésének – kialakításánál egyaránt nehéz feladat a szervezet alkalmazási céljainak megfelelő detektorpark kialakítása.

A minden szempontból ideális detektor egyaránt képes kimutatni a mérgező harcanyagokat és a veszélyes ipari anyagokat rövid időn belül, szelektivitással rendelkezik, és érzékenysége lehetővé teszi azt, hogy azok egészségügyi kockázatokat jelentő koncentrációját is időben érzékelje, ráadásul úgy, hogy közben alacsony érzékenységet mutat a környezeti zavaró hatásokkal szemben. Az ideális kimutató eszköz gyors válaszideje mellett könnyen szállítható, annak hordozhatósága nem gátolja a működőképességét, azaz mozgatva is üzemeltethető. Ilyen, minden szempontnak megfelelő detektort lehetetlen találni.²⁰¹

A vegyi detektorok várható alkalmazási környezetének jellemzői meghatározzák azok kiválasztásának folyamatában éppúgy, mint a jellemző azonosítandó vegyületek köre.

²⁰¹ Sferopoulos (2009): i. m.

Az CBRN-felderítés alapvető célja a vegyi, biológiai és radioaktív szennyezettség detektálása és azonosítása annak megállapítása érdekében, hogy milyen típusú fenyegetés ellen és mennyi ideig kell védekezni. A radiológiai szennyezettség kimutatását kevésbé, a biológiai, illetve a vegyi szennyezettség detektálását viszont erősen befolyásolják a környezeti, különösen az időjárási tényezők. A domborzat, a talajtípus, a növényzettel való borítottság foka mellett jelentős hatást gyakorolnak a meteorológiai viszonyok nemcsak a biológiai, illetve a mérgező harcanyag, veszélyes ipari anyag térbeli terjedésére, hanem a kimutatás határfokára is. A detektorok környezeti hatásoktól való függése is lényeges szempont tehát azok kiválasztásának folyamatában.

Az ABV-felderítési tevékenység feladatrendszerében a mérgező harcanyagok és veszélyes ipari anyagok kimutatása mellett lényeges szerepe van az ágensek azonosításának is, amelyre nem képes a vegyi detektorok mindegyike.

A kihívásoknak megfelelő beszerzésre tervezett vegyi detektorok kiválasztása előtt fontos megvizsgálni tehát az alkalmazás célját. Amennyiben a cél a személyi állomány, a lakosság riasztása az egyéni védőeszközök megfelelő időben történő felvétele vagy a megfelelő lakosságvédelmi intézkedések bevezetése érdekében, akkor fő szempont a megbízható működés a nagy valószínűséggel előforduló mérgező anyagok körében.

A terepi alkalmazásra kifejlesztett detektorokkal szemben támasztott követelmények egyike a stabil működőképesség és a megbízható kimutatóképesség extrém időjárási körülmények között is. A rövid készenléti és válaszadási idővel rendelkező, folyamatos üzemmódban is alkalmazható, alacsony fenntartási költségű detektoroknak tehát meg kell felelniük a fentieknek is.

Az ABV-felderítő alegységek eszközparkját úgy kell kialakítani, hogy annak elemeit a pontdetektorok hálózataként lehessen üzemeltetni, ez minimális követelmény a CBRN-fenyegetettség jelenkori kihívásainak való megfelelés érdekében.

A hőmérsékleti szélsőségek alacsony tartományokban is megmutatkozhatnak. A vegyi anyagok alacsony hőmérsékleten gyakran csak a kimutatási határérték alatti koncentrációban vannak jelen, ezért szükségessé válik olyan eszközök alkalmazása (például termosztátok), amelyek használatával kimutathatóvá válnak.

3.7. Az időjárás-figyelés korlátai

Az CBRN-adatot gyűjtő szervezetek tevékenységük során a CBRN-események monitorozása mellett anemometriai méréseket is végrehajtanak, amelyek alapjául

szolgálnak egyszerűsített értékelési eljárásoknak. Optimális esetben lehetőleg a mérőhely tágabb környezetéből származó hatásokat kellene felderíteni, ehhez ki kellene szűrni a mérőállomás közvetlen környezetének (talajfelszín) befolyását.

A szél a környezeti hatásokra egyik legérzékenyebb meteorológiai elem. Így az állomáson mért érték alapvetően két fő részből áll: egyrészt az időjárási rendszerek által meghatározott szélesebségből és irányból, másrészt a környezetnek erre az „időjárási” szélre gyakorolt hatásából. A környezet alatt értjük a domborzatot, amely a minőségétől függően akár több 10 km távolságból is hathat a mérésre, az állomás környezetének érdekességét, azaz a felszínborítást, illetve a szél útjában álló különböző akadályokat.²⁰²

A CBRN-adatot gyűjtő szervezetek meteorológiai felszerelése azonban nem minden tekintetben képes megfelelni a fenti kritériumnak. Az EU-s irányelveknek megfelelően kialakított információáramláson alapuló CBRN-incidens és -hatásértékelésnél kiemelt szerepet kell hogy kapjanak az országos meteorológiai mérőállomást üzemeltető szervek meteorológiai előrejelzései.

3.8. Az időjárási hatások mozgást befolyásoló hatása

Tekintettel arra, hogy a CBRN-adatok gyűjtésére a közúthálózat elhagyását követően terepen kizárólag a haderő terepjáró és úszóképes harcjárművekkel felszerelt, nagy mozgékonyaságú vegyi és sugárfelderítő alegységei képesek, ezt a kérdéskört célszerűen azok alkalmazási oldaláról vizsgálom.

A légi ABV-felderítés eszközeinek alkalmazását váratlan ködképződés, a szélirány és szélesebség változása, a nap folyamán a hőmérséklet jelentős ingadozása, intenzív vihartevékenység, valamint erős függőleges légáramlatok keletkezése egyértelműen befolyásolja repülésbiztonsági oldalról.

Az CBRN-felderítő alegységek mozgásának, szaktevékenységének, különböző feladatmegoldásainak tervezésekor, szervezésekor elsősorban meghatározó a víz megjelenési formáinak változásából fakadó hatások értékelése. Elengedhetetlen a terepjárhatóság, a vízfolyások vízszintingadozása és a kettőt befolyásoló csapadék (eső, hóviszonyok) ismerete. A hidrometeorológiai hatások mind az utakat, mind a terepet igénybevételnek, rongálódásnak teszik ki. Időjárási okok miatt a CBRN-felderítő alegységek mozgása sok esetben lelassul, esetenként (viharok, záporok, erős hóviharok, útjegesedések) rövidebb-hosszabb ideig

²⁰² Szász–Nagy (2007): i. m.

meg is bénulhat. Különösen hegyvidéken végzett szaktevékenység során válhat meghatározóvá a szél és a légnyomás, a hőmérséklet, a csapadék, a látástávolság, a felső talajréteg, a felszíni – karsztvidéken a felszín alatti – vizek állapota.

A mészkő és dolomit alapkőzettel rendelkező hegyvidéki körzetekre jellemző a karsztvíz mozgása. Ezek a karsztvízmozgások jelentősen befolyásolhatják a szakfeladatok végrehajtását. A hegrendszer belsejében levő karsztjáratok nagyobb esőzések, hóolvadások hatására megtelnek vízzel, és több 10 km távolságra képesek nagy volumenű vízhozamot is szállítani, és a rétegszerkezetileg megfelelő helyen időszakos zuhatag jelleggel a lejtőkre juttatni.

A viszonylag alacsony fekvésű, sík- és dombvidéki vízgyűjtők vízhálózatainak természetes vízkészletállapotaira jellemzők a szélsőségek, vagyis gyakran képes kialakulni igen tartós vízhiány, s előfordul hirtelen keletkező árvíz is. E két szélsőséges vízkészletállapot között pedig általában viszonylag kisebb lefolyással kell számolni. Ez a helyzet a becsült éghajlatváltozás várható eredményeként jelentősen megváltozhat mindkét szélsőség irányába.

A léghőmérséklet – ezért az éghajlatváltozás – a hidrológiai folyamatokra jelentős hatást gyakorol. Ennek következtében szinte minden lényeges vízkészletelem gyakorisága valószínűsíthetően meg fog változni, így a folyók lefolyásának karakterisztikái, az árvizek és villámárvizek gyakorisága és intenzitása, a belvizek előfordulása, valamint az aszályos időszakok hossza és súlyossága is.²⁰³ A közlekedési útvonalak kitétsége miatt ezek a jelenségek közvetlenül hatást gyakorolnak az ABV-felderítő szervezetek működésére.

A téli időjárási viszonyok jelentős befolyást gyakorolnak a CBRN-felderítő szaktevékenységre. A hótakaró, a fagy és az időjárás miatt jelentősen megváltozik a terep általános jellege. A bemélyedések, horhosok, a folyómedrek partjai, az utak és cserjések hóval telítődnek. A folyók, patakok, mocsarak és tavak befagynak. Megnehezül a CBRN-felderítő szervezetek telepítési helyének kiválasztása. Csak részben lehet a terep járhatóságát térképről megítélni. A magas hótakaró miatt majdnem lehetetlen az utakról a letérés. Téli időjárási viszonyok között az ABV-felderítés szakfeladatainak megszervezésekor figyelembe kell venni, hogy a fagyások megakadályozása, a gépjárművek, szaktechnikai eszközök karbantartása külön intézkedéseket igényel.

²⁰³ Kis Anna et al.: A klímaváltozás extrém lefolyási karakterisztikákra gyakorolt hatásainak elemzése a Zagyva vízgyűjtőn. In Pongrácz Rita – Mészáros Róbert – Kis Anna (szerk.): *Aktuális kutatások az ELTE Meteorológiai Tanszékén*. Budapest, ELTE, 2015.

Az éghajlatváltozással bekövetkező hőmérséklet-emelkedés egyértelműen megmutatkozik a jövőben. A prognózisok szerint a hőségnapok száma növekedni fog. A nappali hőség miatt a CBRN-felderítő alegységek szakfeladatainak egy részét éjszakai időszakra kell szervezni, az éjszakai körülmények azonban nem teremtenek kedvező feltételeket a feladat-végrehajtáshoz. Éjszaka a korlátozott látási viszonyok miatt a szakfeladatok végrehajtását gondosan elő kell készíteni és az együttműködést a lehető legrészletesebben meg kell szervezni.

Az éjszaka sötétje kizárja a vizuális felderítést, megnehezíti a tájékozódást. Bonyolultabb a társszervekkel az együttműködés, nehezebb az ABV-felderítő műszerek és más szaktechnikai eszközök kezelőinek munkája, bonyolultabb a terepen való tájékozódás. A nehéz tájékozódás miatt az éjszakai szaktevékenységre az áttérés előkészítését még világosan be kell fejezni. A feladathoz szükséges világítóeszközöket időben elő kell készíteni, és gondoskodni kell az áramforrások megbízható üzemeltetéséről.

3.9. Az időjárás hatása a személyi állományra

A CBRN-adatot gyűjtő szervezetek személyi állománya tevékenységük végrehajtásakor – a feladat természetéből adódóan – védőruhát és légzésvédőt visel. A külső hőmérséklet és más időjárási körülmények döntő mértékben befolyásolják a személyi védőeszközök szervezetre gyakorolt hatását.

Ha a hőhatás kellőképp intenzív, az izzadságmirigyeket beidegző kolinerg szimpatikus idegrostok aktiválják az izzadság termelését. Az izzadás a leghatékonyabb akaratlan belsőhőmérséklet-csökkentő mechanizmus az emberi testben.²⁰⁴

Az evaporatív hőleadás hatásfokát azonban a védőeszköz viselése jelentősen korlátozza, és ezt a körülményt mindenképpen elemezni kell a szakfeladatok tervezésekor.

A vegyivédelmi védőruhák alapvetően két nagy típusba sorolhatók a külső környezet, valamint a védőruha alatti környezet közötti kapcsolat tekintetében. A szigetelő típusú védőruhák anyagszerkezeti kialakításuk révén teljes izolációt biztosítanak viselőjüknek a külső környezet lehatárolásával. A szűrőtípusú védőruhák bizonyos mértékű kapcsolatot teremtenek a külső környezeti levegővel, levegőáramlást és páraelvezetést biztosítva alkalmazójuknak azzal, hogy

²⁰⁴ Kohut László: Katonák terheléstűrése meleg, száraz környezeti körülmények között – a fiziológia. *Hadtudományi Szemle*, 1. (2008), 3. 101–109.

a ruha anyagába integrált adszorberen a mérgező anyagok molekulái megkötődnek. Mindkét típusnak különböző mértékű, de azonos jellegű hatása van a komfortérzetre.

3.9.1. Szigetelő típusú védőruhák

A szigetelő típusú védőruhák szerkezeti felépítésében a védőréteget valamilyen jó védőképességű műanyag alkotja (butilkaucsuk, polipropilén, poliészter, poliamid), amely biztosítja, hogy a ruha megfeleljen a hosszú védelmi idő, valamint többszöri mentesíthetőség követelményének. Ezek a ruhák általában nagy szilárdságúak és nehezek (nehezebbek az úgynevezett összfégyvernemi védőruháknál), továbbá tekintettel szigetelő jellegükre, a hosszú viselhetőséget valamilyen mikroklímát szabályozó egységgel biztosítják.²⁰⁵

A védőruha alatti mikroklíma ugyanis közvetlen hatással van a hőcserére. Ha a védőruha nem légáteresztő, a ruha alatti levegő telítetté válik, és a vízgőz kondenzációja során felszabadult hőmennyiség, növelve a ruha alatti mikroklíma hőmérsékletét, csökkenti a konduktív hőelvezetést, így fokozza a szervezet hőterhelését. A nedvesség elnyelődése és kondenzációja a védőruha alatt, a közvetlen hő- vagy fénysugárzás és ezek interakciója más tényezőkkel (például levegőáramlás) hatnak a szervezet hőcseréjére.²⁰⁶

A szigetelő típusú nehéz védőruhák általában tartalmazzak belső levegőkeringető rendszert, vagy akár hűtőmellényt. A szigetelő típusú ruházatban, ahol a mikrokörnyezet páratartalma közelít a telített állapothoz, és a verejték csak kis hányada képes elpárologni, a legoptimálisabb az lenne, ha ez a mennyiség közvetlenül a bőrfelületről párologna el. A szigetelő típusú védőruha alatt viselt alsóöltözet azonban befolyásolja ezt, ezért anyagszerkezetének lényeges szerepe van a komfortérzet alakításában.

Az evaporatív hőleadás hatékonysága jelentősen csökken, amikor a nedvesség a bőrfelületről felszívódik valamilyen anyagban, mielőtt az elpárologna. Azzal ugyanis, hogy a párologás lokációja áthelyeződik a bőrfelületről az alsóruházatra (alapréteg), a hűtési hatásfok lényegesen csökken. A kísérletek során kimutatták, hogy a ruházat vízzel való permetezésével (abban az esetben, ha a víz hőmér-

²⁰⁵ Halász (1990): i. m.

²⁰⁶ Ingvar Holmér: Protective Clothing in Hot Environments. *Industrial Health*, 44. (2006), 3. 404–413.

séklete kisebb, mint a személy ruházatának hőmérséklete) jelentősebb hőleadás érhető el, mint a párologtatással.²⁰⁷

A többször használható, gáztömör védőruházat védelmet biztosít a veszélyes ipari anyagok és a mérgező harcanyagok, továbbá fertőző anyagok ellen. A teljesen zárt védőruhán belül helyezkedik el a légzőkészülék, amely a ruha átszellőztetését is biztosítja, és a védőruha a légzőkészüléket is védi a külső vegyi hatásoktól. Védőkesztyűjének vegyi anyagokkal szembeni védőképessége meg egyezik a védőruha védőképességével. Védőcsizmája a ruhával egybedolgozott. A CBRN-mintavevő csoport jellemző védőöltözete ez a ruházat.

Ennél a védőöltözetnél számolni kell a légzőkészülék tömegével is, ami jelentős légzésipercterfogat-növekedést okoz. A légzőkészülék kapacitása limitálja a bevetési időt, amely a környezeti hőmérséklet emelkedésével is csökken.

3.9.2. 96 M védőruha

A 96 M védőruha levegőrásegítővel ellátott, nehéz szigetelő típusú, egyrészes vegyivédelmi védőöltözet, amely az ABV-mentesítő szakalegységek személyi állománya számára rendszeresített védőeszköz. Levegőrásegítő egysége egyszerre biztosítja a légzéshez szükséges szűrt levegőt, valamint a ruha belső szellőzését a huzamosabb idejű viselhetőséghez elengedhetetlen komfortérzet kialakításához.²⁰⁸

A levegőztető berendezés a külső környezeti levegőt szivattyúzza villamos tápellátással a szűrőbetéteken keresztül, és juttatja be az álarcba és a levegőelosztó rendszerbe. Ez elméletileg hosszabb idejű műveleti tevékenységet tesz lehetővé, szemben a palackos levegőellátású nehéz védőruhával, azonban figyelni kell a levegőrásegítő berendezés tápellátására. A villamos hajtás nélkül a ruha alá nem jut levegő. Bár a védőruha izolálja a viselőjét a külső környezettől, a levegőellátás a környezeti levegő szűrőbetéteken történő átszivtatásával valósul meg, így annak szennyező anyaggal való terheltsége és oxigéntartalma meglehetősen korlátozza alkalmazhatóságát.

²⁰⁷ George Havenith et al.: *Evaporative Cooling in Protective Clothing Efficiency in Relation to Distance from Skin*. Environmental Ergonomics Research Group. Loughborough, Department of Human Sciences, Loughborough University, 2017.

²⁰⁸ A 96M (nehéz) védőruha. Termékmap. (É. n.)



1. ábra: A 96 M „szigetelő” típusú védőruha és a levegőrásegítő berendezése

Forrás: 1. kép – HM Zrínyi Nonprofit Kft. / Dévényi Veronika, 2. kép – a szerző felvétele

3.9.3. 93 M védőruha

Az ABV-védőruha alapvetően a viselőjének testfelületét védi a különböző halmazállapotú mérgező harcanyagokkal szemben, valamint megakadályozza a radioaktív anyagok bőrfelületre kerülését. A gyakran alkalmazott és a Magyar Honvédségben jelenleg rendszerben lévő szűrőtípusú védőruha speciális, több-rétegű szövetből készül (Saratoga®). A külső szövet speciális impregnálása biztosítja, hogy a felületre csepp alakban kerülő mérgező harcanyag lepergessen. A belső szövetréteg aktív-szén-gömböcskéket tartalmaz. A belső szövet szerkezete lehetővé teszi, hogy a gőz alakban jelen lévő mérgező harcanyag az aktív szén rétegen megkötődjön, miközben a levegő a belső szövetrétegen áthalad.²⁰⁹

A védőruha, a nehéz védőruhákkal szemben, jelentősen nagyobb mozgásszabadságot biztosít viselőjének, és hosszabb viselési időt tesz lehetővé. Az alkalmazójának levegőellátása nem függ külön segédberendezés működőképességétől

²⁰⁹ A 93M egyéni védőeszköz készlet műszaki leírása. MH Vegyivédelmi Technikai Szolgálatfőnökség, 1997.

vagy tápellátásától, azonban meghatározó korlátozó tényező az aktív szenes adszorber elnyelési kapacitása, valamint a környezeti levegőre utaltság. A szigetelő típusú védőruhához képest jóval kényelmesebb szűrőtípus előnyös védelmi tulajdonságai mellett azonban nem szabad megfeledkezni arról, hogy alkalmazása esetén szintén számolni kell a teljesítőképesség csökkenésével.

Erre a védőruhatípusra a szigetelő típusú védőruhához képest kiemelkedő komfortfokozat jellemző. A védőruhát úgy tervezték, hogy a verejtéket a szűrőrétegen keresztül, valamint a mozgás során képződő levegőáramlással a külső környezetbe juttassa. Ez azt eredményezi, hogy a bőrfelület és a ruha közötti levegőrétegben a páratartalom növekedése mérsékelt marad, csökkentve a hőstressz kialakulásának veszélyét.²¹⁰



2. ábra: A 93M „szűrőtípusú” védőruha

Forrás: a szerző felvétele

²¹⁰ Radovan Karkalic et al.: Application of Permeable Materials for CBRN Protective Equipment. *Zastita Materijala*, 56. (2015), 2. 239–242.

Annak ellenére, hogy a bőrvédelem ezen eszköze szerkezeti kialakításának köszönhetően pára- és levegőáteresztő, a külső meteorológiai tényezők, a viselési idő és a tevékenység függvényében számolni kell a hőstresszből és a vízvesztésből eredő fiziológiai hatásokkal.

A különböző típusú védőruhák összehasonlító vizsgálatával az is megállapítható, hogy bár a Saratoga típusú védőruha viszonylag magas diffúziós áteresztőképességgel rendelkezik, azonban a konvektív áteresztőképessége alacsony mértékű. Ez utóbbi viszont nagyobb hatással van az evaporatív hőelvezetésre, mint a diffúz áteresztőképesség.²¹¹

A környezeti hőmérséklet mellett komoly hatása van a ruházat felületén elnyelődött napsugárzás energiájának. A fénysugárzásból eredő hőfelvételt befolyásolja a beesési szög, a megvilágított felület és a sugárzás energiája, valamint a ruházat színe.²¹² Tekintettel arra, hogy a katonai alkalmazású védőruhák védelmi követelményei mellett fontos paraméter az álcázóképesség, a hazai rendszeresítésű védőruhák színei jellemzően a sötét tartományba esnek, jó fénynyelző hatáskeresztmetszettel rendelkeznek, éppen ezért mindenképpen számolni kell az ebből származó hőterheléssel is.

Bármely védőruhát vizsgáljuk, az abban végzett tevékenységek során a mozgásszabadság meghatározó eleme a manuális teljesítőképesség is. A kézügyesség megtartásának fontos szerepe van, ennek biztosítása érdekében a személyre szabott, meghatározott anyagvastagságú védőkesztyű használata elsődleges fontosságú. A kézügyesség biztosítása tekintetében a védőruhákhoz rendszeresített védőkesztyűk jellemzői kulcsfontosságúak. A finommotoros tevékenységeket legkevésbé zavaró anyagvastagság 0,2–0,6 mm.²¹³ Ezt kell szinkronba hozni a védőkesztyű vegyi anyagokkal, valamint a mechanikai behatásokkal szembeni védőképességét biztosító szükséges vastagsággal.

A szervezet hőcseréjének korlátozásával a védőruhában végzett bármely tevékenység fokozottan megterhelővé válik. A szoros ruházat a bőrfelszín melegedését, azaz elégtelen hőleadást eredményez. Ez nemcsak az ABV-védőruhára értendő, hanem minden olyan ruházatra is, amely nem, vagy csak korlátozottan

²¹¹ Thomas Bernard et al.: *Effects of Porosity on Critical WBGT and Apparent Evaporative Resistance*. 2009.

²¹² Holmér (2006): i. m.

²¹³ Jan Schumacher et al.: A Randomised Crossover Simulation Study Comparing the Impact of Chemical, Biological, Radiological or Nuclear Substance Personal Protection Equipment on the Performance of Advanced Life Support Interventions. *Anaesthesia*, 72. (2017), 5. 592–597.

képes a levegőt és a nedvességet áteresztetni. A ruházat okozta elégtelen hőleadást fokozzák az időjárási tényezők, a teljesség igénye nélkül említve a magas páratartalmat és az erős napsugárzást. Ha a szervezetünk nem tudja a saját magunk által termelt vagy akár a környezetből felvett hőt leadni, különböző patológiás elváltozások következnek be. A fokozott fizikai és mentális terhelés tovább ront a hőszabályozáson, mivel vízvesztést is eredményez. Ha a hőtermelés és a hőleadás közötti egyensúly felbomlik, különböző klinikai kórkepek, hőgörcsök, hőkollapszus, súlyos esetben akár hóguta is bekövetkezhet. A fokozott mentális megterhelés, azaz a stressz kihatással van endokrinrendszerünkre is. A stressz mellett a túl magas vagy alacsony hőmérséklet befolyásolja az inzulin elválasztását, amelynek következtében a vércukor-emelkedés vagy -csökkenés következik be, egy magasabb vércukorszintnél pedig a szervezet több vizet igényel.²¹⁴

Az egyénvédőeszköz-készlet használata már a fenti tényező mellett is a szervezet fokozott igénybevételével jár. A gázálarc viselésekor a be- és kilégzéskor az áramló levegő útja nem akadálytalan, az álarc egyes szerkezeti elemei azt kisebb-nagyobb mértékben akadályozzák, légellenállást képeznek.²¹⁵ A védőeszközben tevékenykedő katona esetében, tekintettel arra, hogy a hővesztés nagyobb arányban a verejtékezés útján valósul meg, a vízvesztés nagymértékű. A védőeszköz hatása alatti korlátozott vízfelvételi képesség azonban nehezíti a folyadékpótlást, és tartóssá teszi a vízhiányos állapotot.

Az önvezető automatizált járműirányítási rendszerek, a robotika és a mesterséges intelligencia fejlődésével egyre elterjedtebb lesz az ABV-szenzorokkal felszerelt, pilóta nélküli rendszerek használata olyan potenciálisan szennyezett területek felmérésére, ahol az élőerő sérülési kockázata magas. Ez biztonságossabbá, gyorsabbá, olcsóbbá és rugalmasabbá teszi az ABV-felderítést.²¹⁶

A fentiek fényében rendkívül fontos az ABV-védőruhában végzett tevékenység tervezésekor a fizikai aktivitás szintje, a védőruha élettani hatásának, valamint a külső környezeti faktorok lehető legpontosabb értékelése.

²¹⁴ Berek Tamás – Horváth Livia: Az egyéni vegyvédelmi védőeszköz alkalmazásának élettani hatásai – a vízvesztés. *Hadmérnök*, 12. (2017), 1. k. sz. 48–58.

²¹⁵ Kiss Sándor: *Speciális védőfelszerelések*. Főiskolai jegyzet. Budapest, ZMNE, 2000.

²¹⁶ NATO (2022b): i. m.

3.10. A hatékony ABV-védelmet biztosító ABV-jártasság szintjei

A katonai műveletek tervezésére és a harc megvívásának körülményeire, annak kimenetelére, illetve a harcos túlélési lehetőségeire közvetlenül ható ABV-környezet vizsgálata fontos a releváns védelem kialakítása érdekében, beleértve a kiképzés, felkészítés területét.

Az ABV-jártasság követelményei nem öncélúak. Fontos kialakítani a parancsnokok szükséges ABV-jártasságának azon elemeit, amelyek a katonai művelettel (harccal) kapcsolatos tevékenységek tervezése időszakában igazolhatóan döntő módon befolyásolják a műveleti (harc) tevékenység kimenetelét.

Lényegesek az ABV-esemény bekövetkezésének viszonylatában bevezetett, túlélést biztosító ABV-rendszabályok mellett, a csapatok harcképességére kifejlesztett hatás tükrében, a parancsnok ABV-jártasságának azon elemei is, amelyeknek a művelettel (harccal) kapcsolatos tevékenységek végrehajtása időszakában döntő befolyásuk van a műveleti (harc) tevékenység kimenetelére.

3.10.1. A parancsnok elvárható ABV-jártassága

A NATO Katonai Szabványügyi Hivatal már 1997-ben szabványosítási egyezményt adott ki „Az atom-, biológiai, vegyi fegyverek elleni védelemben szerzett jártasságról” annak érdekében, hogy a műveleti területen feladatot végrehajtó és különösen a nemzetközi erőket irányító parancsnokok megfelelő bizonyossággal rendelkezzenek az alárendelt erők ABV-védelmi képességei felől.

A parancsnok ABV-jártasságának főbb követelményei tárgyalása előtt feltétlenül ki kell térni a katonával szemben megkövetelt ABV-jártasság szintjére.

A katonával szemben elvárható követelmény, hogy felismerje az ABV-fegyverek alkalmazására utaló jeleket, és ezen információk birtokában hatékonyan cselekedjen, legalább a saját túlélése érdekében.

Ismernie kell az ABV-veszélyre figyelmeztető jelzéseket, fel kell ismernie a riasztást. Készség szintjén kell tudnia alkalmazni az egyéni védőeszközt.²¹⁷

Ezzel összefüggésben ismernie kell védőruhájának, gázálarcának biztonsági korlátait. A megalapozatlan túlzó tévhit a védőeszköz védelmi képességéről ugyanis éppolyan veszélyes, mint a külső ABV-veszély önmagában. Nem csupán azt kell ismerni, hogy milyen ágens ellen véd az egyéni védőeszköz, és hol

²¹⁷ ABV-védelmi jártasság... (2004): i. m.

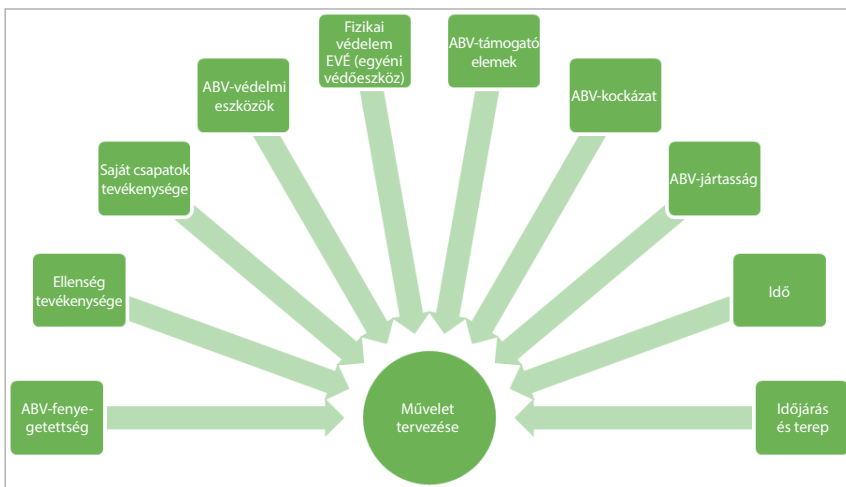
lehet alkalmazni azt, hanem azt is, hogy mi ellen nem véd, és mely esetekben használhatatlan.

A védőruha, gázálarc fel- és levételével, illetve alkalmazásával kapcsolatos fent említett problémák világossá teszik azt, hogy a készség szintű alkalmazás nem egyenértékű a védőfelszerelés védelmi szintjeinek ismeretével, azaz annak felvételének ismeretével. A le- és felvételt, a védelmi szinteket folyamatosan kell gyakorolni addig, ameddig a katona nem csupán becsukott szemmel, hanem egyéb külső fizikai és pszichikai behatások alatt is gondolkodás nélkül végre tudja hajtani azokat. Vajon ugyanolyan gyorsan alkalmazásba lehet venni a védőeszközt az ellenség által tűz alá vett területen tűzharc közben, a harci stressz hatása alatt? A pánikreakciók kialakulásának elkerülésére természetesen a gyakorlás sem nyújt teljes bizonyosságot, de csökkenti azok lehetőségét. A katona túlélési esélyénél maradva nem vitatható az sem, hogy ha a harcos a fent taglalt készséggel rendelkezik is, ez még mindig kevés, hiszen neki úgy kell túlélni, hogy mellette a feladatát is el tudja végezni. A katonának minden körülmények között végre kell tudnia hajtani feladatát. Gázálarcban, védőruhában is. Erre jártasságot kell szerezni, rendszeresen kell az alapfeladatának megfelelő gyakorlatokat végrehajtani ABV-védőeszközben is. A saját alegysége érdekében, annak megállapítására, hogy az ABV-veszély milyen jellegű, mértékű, és mennyi ideig kell védőeszközben tartani az állományt, ABV-felderítést kell végrehajtania az alegység állományából kiállított, nem szervezetszerű vegyi, sugárfelderítő rajnak a rendszeresített felderítő eszközökkel.

Ezt a feladatot a katona csak úgy tudja végrehajtani, ha nem csupán ismeri, de kezelni is tudja a felderítő eszközöket valós körülmények között. Az ABV-jártasság követelményei²¹⁸ a parancsnokok vonatkozásában előírja, hogy a parancsnoknak a beosztottait meghaladó ABV-védelmi ismeretekkel kell rendelkeznie. Ahhoz, hogy a parancsnok a veszélyes objektumok környezetében vagy csapásból származó ABV-környezetben is tudja tervezni és végre is tudja hajtani a műveletet, ismernie kell az ABV-csapásokból és a nem csapásból származó vegyi, biológiai és sugárszennyeződésből eredő veszélyeket.

A riasztás és az értesítés (Warning & Reporting) hatékonyságának tekintetében kiemelten lényeges a CBRN-jelentések tartalmának értelmezése és a riasztási és értesítési rendszer rendszabályainak ismerete, az ABV-védelmi rendszabályok alkalmazási készsége.

²¹⁸ AJP 3.8.1.



3. ábra: Hadműveleti tervezést befolyásoló tényezők

Forrás: Grósz (2001) alapján a szerző szerkesztése

A védelmi intézkedések egész sora viszont nehezíti a rendeltetésszerű feladatvégrehajtást. Az adott tevékenység időigénye megnövekszik, ezenkívül a személyi állományra is jelentős pszichikai terhet ró.

A parancsnok a meghatározott feladatokat és köteleességeket csak úgy tudja eredményesen végrehajtani, ha a szakirányú tevékenységek megoldásába bevonja törzsének vezető beosztású személyeit és azok törzseit, valamint az ezek alárendeltségébe tartozó részlegeket. Az elhatározás meghozatalának módszereivel szemben támasztott követelmények közül kiemelve a „megbízhatóságot”, amely a feldolgozott anyag hitelességét, a kidolgozott eljárások pontosságát, szakmai elfogadhatóságát, végrehajthatóságát jelenti, elmondható, hogy annak alapvető követelménye a törzs szakmai felkészültsége, a megalapozott információk és a szolgálati személyek ABV-jártassága. A műveletek során a harcterület felderítő értékelésének irányítása a harc, a hadművelet előkészítése és megvívása során az ellenségre vonatkozó és annak tevékenységét befolyásoló adatok gyűjtése, elemzése, értékelése és következtetések jelentése a parancsnoknak, így például

az ABV-fegyverek várható alkalmazására vonatkozóan a hadműveleti részleg (G2) szerepe létfontosságú.²¹⁹

Az első hadművelet, harctevékenység megtervezése során alkalmazott tervszerű elhatározás, jellege okán átfogó elemzést tesz lehetővé, és így a szükséges adatok megbízhatóságának ellenőrzésére is lehetőség nyílik. A döntés harchelyzetben történő meghozatala során viszont megnehezíti a tervezést az a tény, hogy az addig rendelkezésre álló idő korlátozott, valamint az, hogy az elhatározás megalkotásával egy időben – azzal párhuzamosan – vezetni kell a folyamatban lévő tevékenységet. Az azonnali reagálás során pedig a parancsnok saját tapasztalataira, az előkészítés idején meghozott elhatározására alapozva önálló döntést hoz, és azt haladéktalanul, szóban kiadott parancs formájában eljuttatni az alárendelthez.²²⁰

A végrehajtható döntés érdekében különösen fontos a parancsnok hozzáértése, szakmai felkészültsége, a beosztottak képességeinek és lehetőségeinek pontos ismerete. Ismeret az ABV-fegyverek hatásairól, az alárendeltek ABV-védelmi képességéről, ABV-jártasságáról stb.

3.10.2. Az ABV-jártasság sarkalatos pontjai

A parancsnokoknak és törzseiknek képesnek kell lenni a következőkre:²²¹

A) Ismerni a rendelkezésre álló ABV-védelem szervezeti rendszerét és eszközeit.

A katonai műveletekben feladatot végrehajtó parancsnoknak tisztában kell lenni az alárendeltségébe tartozó kötelékek ABV-védelmi képességeivel, azaz teljes bizonyossággal tudnia kell azt, hogy a felelősségi körébe tartozó erők képesek-e ABV-támadást túlélni, illetve ABV-környezetben feladatot végrehajtani vagy megkezdett műveletet befejezni. Amennyiben a parancsnok nincs birtokában a fent említett információnak, nem képes reálisan felmérni és értékelni a saját csapatok harci képességeit, és ez végzetes lehet a művelet sikere szempontjából.

²¹⁹ Berek Tamás: Key Elements of Standards of Proficiency for CBRN Defence in Military Officers' Education. *Hadmérnök*, 8. (2013), 4. 33–39.

²²⁰ Hajdú–Somorácz–Téglási (1999): i. m.

²²¹ NATO: *ATP-3.8.1 vol. III. CBRN Defence Standards for Education, Training and Evaluation*. 2011. április 5.

B) Felbecsülni az alárendeltségébe utalt ABV-védelmi szakerők képességeit, és a szabályzatoknak megfelelően alkalmazni azokat.

A hadművelleti területről érkező és az ABV-helyzetet jellemző információk megszerzésére a szervezetszerű, másodlagosan kiképzett, illetve alárendeltségébe utalt támogató vegyivédelmi alegységek alkalmazása elengedhetetlen. A parancsnok rendelkezésére álló erők és eszközök azonban korlátozottak, így az ABV-felderítést végrehajtó művelettámogató elemek differenciálása szükséges, aminek érdekében fel kell tudni mérnie azok kapacitását.

Tehát azon túl, hogy ismerni kell az alárendelt alegységek képességeit, az alegységi szinten rendszeresített ABV-felderítő és -mintavételi eszközöket, azok használatának elveit és rendszabályait, alkalmazási lehetőségeit és korlátait, a parancsnoknak fel kell tudnia mérni az alárendeltségébe tartozó vagy alárendeltségébe utalt vegyivédelmi szakalegység képességeit is, annak érdekében, hogy alkalmazni tudja az egységet a művelet támogatása során. Továbbá ismernie kell az anyagi technikai felszereltségüket és lehetőségeiket.²²²

C) Megfelelő ABV-védelmi felkészítés és kiképzés meghatározása és végrehajtása.

A kiképzés, a rendeltetés és az ABV-védőeszközökkel való ellátottság komoly mértékben meghatározza az alegységek harci képességeit.

A parancsnoknak tisztában kell lennie a személyi állomány és a különböző szintű parancsnoki állomány ABV-jártasságának követelményeivel. Természetesen a törzs fontos feladata az alárendelt csapatok készültségi fokának fenntartása, a helyzettel kapcsolatos adatok gyűjtése, tanulmányozása, feldolgozása és értékelése. A harcászati szintű törzsek és a csapatok közötti kapcsolatnak alapvető és elengedhetetlen feltétele az alárendelt állapotának és tevékenységének ismerete, adott esetekben annak képviselője. Ugyanakkor az is elmondható, hogy a „parancsnok egy személyben és teljes mértékben felelős az alárendelt csapatok felkészítéséért, hatékony alkalmazásáért, illetve a harcfeladatok sikeres, meghatározott időre történő végrehajtásáért és a személyi állomány morális állapotáért”.²²³

²²² Berek Tamás: A parancsnokok felkészítésének kihívásai az ABV jártasság tükrében. In Mankovits Tamás – Molnár Sándor Károly – Németh Sarolta (szerk.): *Tavaszi Szél konferenciakiadvány*. Budapest, Doktoranduszok Országos Szövetsége, 2007.

²²³ Hajdú–Somorácz–Téglási (1999): i. m.

D) ABV-események és a műveleti ABV-környezet saját csapatokra kifejtett hatásának értékelése.

A parancsnoknak meg kell értenie az ABV-csapásból és/vagy nem ABV-csapásból eredő vegyi, biológiai és radiológiai eseményeknek a műveletek végrehajtására és az alegységekre gyakorolt hatásait. Nyilvánvalóan ehhez tisztában kell lennie az ABV-fegyverek személyi állományra, harci-technikai eszközökre, műszaki létesítményekre, harcterületre ható elsődleges és másodlagos pusztító tényezőivel, illetve hogy azok milyen mértékben befolyásolják az általa vezetett katonai műveletet.

A parancsnoknak a fentiekben túl fel kell tudnia becsülni saját kötelékének harci képességeit és a lehetőségeit az esetleges ABV-körülmények közötti végrehajtáshoz. A parancsnoknak ismernie kell az ABV-fegyverek hatásait, különösen a végrehajtandó művelet vonatkozásában. Figyelembe kell vennie az ABV-események fő erő kifejtésre gyakorolt hatását, és fel kell készülnie a megfelelő ABV-védelmi eljárások bevezetésére.

Az ABV-helyzet felmérésén alapuló helyzetértékelés vitathatatlanul a parancsnoki munkafolyamat része. Az ABV-értékelést támogathatják az ABV-RIÉR-ből származó jelentések és a műveleti területen előjáró ABV-központ előrejelzései, mégis adódhat olyan körülmény, amelyben a parancsnok döntésének előkészítésekor csak az alárendelt alegységek nem szervezetszerű vegyivédelmi részlegéből (másodlagos ABV-védelmi feladatokra felkészített), vegyi, -sugárfigyelő alegységtől (VSF) jelentett adatokra támaszkodhat. A pontos számítógépes adatfeldolgozás és értékelés hiányában is intézkedni kell az ABV-védelmi rendszabályok bevezetéséről. A már meglévő, azaz ismert információk körét képezi például az érintett állomány elhelyezkedése, az időjárási viszonyok, a terep jellege, illetve egyéb értékelhető adatok.²²⁴

E) A harcászati helyzetnek és a feladatnak megfelelő ABV-védelmi rendszabályok bevezetése.

A műveleti területen folytatott tevékenység hatásfokát, illetve sikerességét jelentősen befolyásolja – sok egyéb tényező mellett – az ABV-fenyegetettség szintje. A harci kötelék védelme érdekében a parancsnoknak meg kell határoznia a személyi állományra vonatkozó védelmi szintet, és be kell vezetnie a védelmi rendszabályokat, valamint a beépített kollektív védelmi berendezések (*Collective Protection*, COLPRO) készenlétét és használatuk rendjét.

²²⁴ Berek (2010): i. m.

A bevezetett ABV-védelmi rendszabályok harctevékenységre kifejtett hatásának ismerete és előzetes elemzése, eljárásainak ismerete kiemelt fontosságú. Az ABV-esemény előtt bevezetendő passzív rendszabályok, mint például az egyéni sugáradagmérés megszervezése, az esetleges profilaxis előkészítése, a szükséges műszaki munkák elvégzése és az alapvető harcászati-hadművelati rendszabályok alkalmazása összetett feladat, amit begyakorlás nélkül igen nehéz pontosan és megbízhatóan végrehajtani a harctevékenységgel összehangolva. Minden szintű parancsnok felelős az ABV-védőfelszereléssel történő ellátás, karbantartás és az utánpótlás megszervezéséért.

A művelati területen való tevékenység, illetve az ABV-esemény hatása alá került kötelék személyi állományának túlélési esélyeit meghatározó tényező az esemény (ABV) alatti rendszabályok bevezetésének gyorsasága és hatékonysága.

A riasztás és értesítés, a közvetlen védelmi intézkedések foganatosítása, a nem szervezetszerű erőkkal végzett ABV-felderítés, valamint az esetleges kivonás-áttelepülés megszervezése gyakorlatot igényel, nem beszélve az esemény után bevezetendő rendszabályokról. Ezek eredményes végrehajtása javíthatja az állomány pszichikai-harci morálját, túlélését, de ha a parancsnok hibázik vagy késlekedik, esetleg rosszul dönt, a harcképesség gyors csökkenése a művelet sikertelenségét okozhatja. A jövő tisztjeinek tehát igen alapos ABV-felkészítésben kell részesülnie.²²⁵

F) Tervezni a műveleteket az ABV-fenyegetettség, valamint az egységes ABV-védelmi képesség figyelembevételével.

A parancsnoknak képesnek kell lennie a műveleteket ABV-környezetben tervezni, a vegyi, biológiai és radiológiai expozíció lehető legalacsonyabb szinten tartása és az ALARA-elv mellett, figyelembe véve a fenyegetettséget és az alárendelt alegységek eltérő művelati képességeit.

A hadszíntér felderítő előkészítése során a parancsnoknak meg kell tudnia fogalmazni a törzs irányába az elsődleges felderítési igényét, amelynek egyebek mellett a fenyegetettség értékelésére, a hadművelati terület értékelésére, a terep elemzésére és a meteorológiai helyzet elemzésére kell irányulnia.

A harctevékenység körletében található szennyezett terepszakaszok, illetve veszélyes anyagokat rejtő ipari objektumok nagymértékben korlátozzák a műveletek manőverszabadságát. A parancsnoknak a harctevékenységgel

²²⁵ Berek (2010): i. m.

tervezésekor a már megszerzett ABV-felderítési adatok alapján figyelembe kell ezeket vennie.

A szennyezett terepszakasról történő levonulást követően a parancsnoknak meg kell tudnia határozni azt, hogy szükség van-e mentesítésre vagy sem, illetve a mentesítés terjedelmét. Amennyiben mentesítésre kerül sor, természetesen meg kell tudnia szervezni annak végrehajtását.

Ha a szennyezett terepszakaszon a huzamosabb ideig tartó tevékenység elkezdhető, akkor a parancsnoknak mérlegelnie kell az esetleges könnyítő rendszabályok bevezetését, aminek lehetősége igen gyakran korlátozott. Tisztában kell lennie a kockázatvállalás következményeivel, és csupán egy hajszálon múlhat döntésének eredménye. Fel kell ismernie azt a nem egyértelmű helyzetet, amelyben a védőeszköz személyi állományra gyakorolt hatása eléri azt a mértéket, amelynek harcképességet rontó következménye a katona túlélését fenyegeti. Abban a helyzetben kell döntenie a szükségszerű könnyítések alkalmazásáról, amelyben, ha nem megfelelően ítéli meg a helyzetet, nagyobb veszélynek teszi ki a személyi állományt a külső ABV-hatások által. Az egyéni ABV-védelem indokolatlan fenntartása vagy túlzottan magas védelmi szint alkalmazása (4. védelmi szint) is veszélyeztetheti a katona túlélését, ezzel a művelet sikerét.

Természetesen a parancsnokság vegyivédelmi tisztjeinek, altisztjeinek a törzs többi funkcionális elemeivel, csoportjaival együttműködve segíteniük kell a parancsnokot minden olyan célkitűzés és tájékoztatás kiadásában az alárendelt szervezetek részére, amely növeli az ABV-védelmi képességeket.

Éppen ezért a parancsnokokkal együtt minden tisztnek és altisztnek ismernie kell:

- az ABV-s figyelő őrs (ABVFIŐ), valamint a rendszeresített vegyi és sugárfigyelő eszközök telepítését;
- az ABV-felderítés eljárásait;
- meg kell tudnia határozni mindenkinek a felderítés szükségességét, illetve a felderítés módját, a jelentések rendjét;
- minden szintű parancsnoknak ismernie kell az ABV-rendszabályokat.²²⁶

G) Megérteni és megbecsülni az ABV-védőeszköz elhúzódo ideig történő viselésének egészségkárosító hatásait és a könnyítéseket alkalmazni.

A parancsnoknak fel kell tudnia mérni azt a gátló tényezőt, hogy az egyéni ABV-védőeszközökben és a szennyezett terepszakaszon csökken a harci kötelék

²²⁶ Berek (2010): i. m.

manőverszabadsága. Ezzel összefüggésben a parancsnokkal szemben támasztott követelmény, hogy fel tudja becslni az egyéni ABV-védőeszköz hosszabb ideig történő viselésének hatásait. Kell tudnia alkalmazni azokat az intézkedéseket, amelyek csökkenthetik a védőeszköz harcképességre, komfortérzetre gyakorolt negatív hatásait.

Ha kell, könnyítéseket (alacsonyabb védelmi szintet) kell elrendelnie, azaz fel kell tudnia ismerni azt a határt, amelynek elérése után katonáira (és a feladat sikerére) nagyobb veszély leselkedik az ABV-védőeszköz legmagasabb szinten történő viseléséből fakadó másodlagos hatások által, mint maga a külső ABV-veszély. A parancsnoknak minden helyzetben meg kell találnia azt a védelmi szintet, amely megfelelő az adott ABV-fenyegetettségnek, de nem jár akkora harcképesség-csökkenéssel, amely az alegység elsődleges küldetésének végrehajtását veszélyeztetné. Az ABV-helyzettől függően lehet, hogy ezt a kockázathaszon mérleget újra kell gondolnia óráról órára, és ennek megfelelően kell változtatnia a védelmi szinten.

A szennyezett terepszakaszon végzett tevékenység során a parancsnoknak és törzsének rengeteg információt kell feldolgoznia, többek között a személyi állomány harci moráljáról, valamint a műveleti környezet aktuális állapotáról. Adott esetben rövid időn belül lehetővé kell tennie néhány alegység számára a könnyítést a védőruha viselésének terén. Ezzel számos további feladat jelenik meg. Meg kell oldani az adott kötelék kivonását a harcterületről, vagy leváltását a közvetlen műveleti feladatok alól, és ezzel párhuzamosan találni kell vagy alkalmassá kell tenni egy vagy több, a tevékenységi körletben fellelhető objektumot a szükséges pihentetés érdekében.

Minden feladat esetén a parancsnok határozza meg, hogy mik az elérendő célok.

H) Megértetni az ABV-kockázatkezelés filozófiájának alapelveit.

Abban az esetben, ha az ABV-események veszélye számottevő, akkor a parancsnoknak kell iránymutatást nyújtania a műveleti prioritások kitűzésével.

A CBRN-kockázat és -sebezhetőség értékelése megkövetelt a hadműveleti kockázatértékelés részeként.

A parancsnok – az ABV-helyzettől függően – kénytelen olyan intézkedéseket meghozni, amelyek csökkentik személyi állományának harcképességét, harci morálját, ezen keresztül veszélyeztethetik az általa kitűzött cél elérését. Éppen ezért a parancsnoknak folyamatosan mérlegelnie kell a védőeszközökre vonatkozóan elrendelt védelmi szintek alkalmazásának könnyítésekor a várható

egészségkárosodás és az életben maradás között akkor is, ha előre nem lehet tudni, hogy a többletkockázat valódi sikerrel járt volna-e. A parancsnoknak kell rendelkeznie azzal a jártassággal, hogy adott időben fel tudja mérni a szennyezett terepszakaszon végzett tevékenység kockázatát. A kockázat elemzését követően annak megfelelően kell terveznie a műveletet.²²⁷

A parancsnoknak egyensúlyt kell találnia a műveleti sikerek és a várható veszteségek között. Tisztában kell lennie az ABV-kockázatvállalás következményeivel, hogy csupán egy hajszálon múlhat döntésének eredménye. Fel kell ismernie azt a nem egyértelmű helyzetet, amelyben például a védőeszköz személyi állományra gyakorolt hatása eléri azt a mértéket, amelynek harc képességet rontó következménye a katona túlélését fenyegeti. Abban a helyzetben kell döntenie a szükséges könnyítések alkalmazásáról, amelyben, ha nem megfelelően ítéli meg a helyzetet, kiteszi a személyi állományt a külső ABV-hatásoknak.

I) Megérteni az egészségügyi intézkedések eredményeit és korlátaikat, bevezetésük műveleti és jogi következményeit.

Az ABV-esemény előtt bevezethető passzív rendszabályok közül a profilaktikus készítmények kiosztása és az esetleges alkalmazása terén nem elhanyagolható mértékű felelőssége van a parancsnoknak.

A radioaktív anyagok szervezetben történő felhalmozódását megnehezíti néhány készítmény alkalmazása, amelyeket még a radioaktív anyagok szervezetbe kerülése előtt kell az érintetteknek – szigorúan utasításra – bevenni. Ezeknek a vegyületeknek az adagolása csökkenti vagy megakadályozza egyes radionuklidok beépülését a szervezetbe, úgy, hogy az érintett szerv túltelítődik, és a később a szervezetbe kerülő radioaktív anyag már nem képes beépülni, így kiürül. A stabil jódd például a pajzsmirigybe épül, ezért a radioaktív elemek (¹³¹I) már nem képesek erre. Tudni kell azonban, hogy abban az esetben hatékonyak, ha közvetlenül a radioaktív anyagok szervezetbe kerülése előtt alkalmazzák, s addig nyújtanak védelmet, amíg az adott szervből ki nem ürülnek, nem általános hatásúak, hanem izotópspecifikusak, és az emberek bizonyos hányadánál kockázatot rejt az alkalmazásuk. A stabiljódd-vegyületek beszedése megzavarja a pajzsmirigy működését, ezért felléphetnek mellékhatások is. 40 év

²²⁷ Berek (2010): i. m.

felett a jódpofilaxis mellékhatásának kockázata nagyobb lehet a radiojód okozta pajzsmirigyrák kockázatánál.²²⁸

A profilaktikus készítmények mellett a katona felszerelésébe tartozik az idegbénító hatású mérgező harcanyagok okozta tünetek elleni öninjekció. Szinte minden hadseregben megtalálható az ön-, illetve bajtársi segélynyújtásra alkalmas atropin (autoinjektor formában), illetve származékai – a 2-piridin-2-aldoxim N-metil származékai (pralidoxime) és a toxogonin (obidoxime) diklorid.

Ezeknek ismerni kell az alkalmazásuk hatásos idejét, valamint hatásukat. A nem megfelelő időben alkalmazott ellenanyag önmagában is harcképtelenséget okozó roszullétet eredményez.

Ismerni kell ugyanakkor az alkalmazás korlátait is. A hadművelleti területen beadott injekció után a mérgezett még egy ideig kezelésre szorul. Az atropin csak részben nyújt védelmet a görcsroham és a súlyos mérgezés eredményeképpen bekövetkező agykárosodással szemben.

A parancsnok döntési képessége itt is fontos. A fentiekben felvázolt probléma kezelésének egyik pillére az ABV-helyzetfelmérés és -helyzetértékelés.

²²⁸ *Kézikönyv az ABV-védelmi műveletek egészségügyi vonatkozásairól (nukleáris)*. MH Dr. Radó György Honvéd Egészségügyi Központ, 2010.

Vákát

Összefoglaló

A hidegháború vége óta tett erőfeszítések ellenére sajnos elmondható, hogy a tömegpusztító fegyverek és célba juttató rendszereik elterjedése, valamint fejlesztése nem állt meg. A NATO 2012-ben kiadott ABV-védelmi irányelve²²⁹ egyértelműen kifejezi, hogy a tömegpusztító fegyverek proliferációjának megakadályozására irányuló törekvések nem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket. A nukleáris fegyverekkel rendelkező államok száma növekedett, és időről időre egyes államok vegyi és biológiai fegyverprogramot is indítanak nukleáris erőfeszítéseik mellett.

A mérgező anyagok bűnös célú alkalmazása – a nagyszámú áldozat mellett – óriási pánikot okozhat. A veszélyes ipari anyagok kikerülésének megakadályozása állandó kihívást jelent, mivel azok polgári célú felhasználási jellegük miatt viszonylag könnyen beszerezhetők az egészségügyi és ipari szektorokon keresztül. A Japánban, 1995-ben elkövetett terrortámadás nem állami szereplők mérgező harcanyagokkal kapcsolatos aktivitását jelezte előre, tekintettel arra, hogy a globalizáció korábban soha nem tapasztalt mértéket ölt napjainkban, és ez – karöltve új technológiák intenzív fejlődésével – megkönnyítheti a hasonló incidensek előkészítését és elkövetését. Az utóbbi években gyakran használtak ugyanakkor vegyi fegyverként számontartott mérgező harcanyagokat, például 2013-ban Szíriában, állami és nem állami szereplők egyaránt. Az utóbbi évek eseményei pedig azt mutatják, hogy esetenként nagy fontosságú személyek likvidálására szofisztikált mérgező harcanyagokat alkalmaznak, ami állami szereplők jelenlétét sejteti a háttérben. V_x idegbénító mérgező harcanyagot használtak Kim Dzsongun észak-koreai vezető féltestvérének megtámadásakor a malajziai Kuala Lumpur nemzetközi repülőtéren 2017-ben, és Novicsok mérgező harcanyagot alkalmaztak egy volt orosz hírszerző ügynök elleni támadás során Salisburyben 2018-ban és Alekszej Navalnij ellen 2020-ban. A 2018-as incidensnek polgári áldozata is volt.

A kihívásokra adott válaszok több összetevőből állnak, amelyeknek csupán kis szeletét képezi az adekvát reagálásra képes ABV-védelem, s eljárásrendjének ismerete, az abban való releváns jártasság és természetesen szervezeti elemeinek,

²²⁹ NATO's Comprehensive, Strategic-Level Policy for Preventing the Proliferation of Weapons of Mass Destruction (WMD) and Defending against Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Threats.

így az ABV-felderítő szervezetek technikai felszereltsége, detektorparkja. Ezeknek az elemeknek a folyamatos hatékonyságvizsgálata és fejlesztése biztosíthatja csupán a CBRN-eszközök elterjedését megakadályozni hivatott politikai szándék eredményes megvalósulását.

Felhasznált irodalom

- 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszeréről
- A 93M egyéni védőeszköz készlet műszaki leírása.* MH Vegyivédelmi Technikai Szolgálatfőnökség, 1997.
- A 96M (nehéz) védőruha. Terméklap. (É. n.) Online: <http://ludovika.lnkiy.in/qZpnH>
- A CAM-2 műszaki leírása, kezelési és karbantartási utasítása.* Budapest, Gamma Műszaki Rt., 2001.
- A Tanács 2005/574/KKBP együttes fellépése.* 2005. július 18. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/6numO>
- A vegyifegyver.* MH Vegyivédelmi Szolgálatfőnökség, 1967.
- ABV-védelmi alegységparancsnoki kézikönyv.* MH Szárazföldi Parancsnokság, 2004.
- ABV-védelmi jártasság NATO szabvány szerinti követelményei.* MH Szárazföldi Parancsnokság, 2004.
- Ács Ferenc – Breuer Hajnalka – Horváth Ákos: A talaj szerepe az időjárás alakulásában. *Agrokémia és Talajtan*, 57. (2008a), 2. 225–238.
- Ács Ferenc – Breuer Hajnalka – Horváth Ákos: Esszé a talaj, a növényzet és a zivatarok közötti kapcsolatrendszeréről. *Légkör*, 53. (2008b), 4. 20–23.
- AP4C kézi lángfotometriás vegyifelderítő műszer.* (É. n.) Online: <http://ludovika.lnkiy.in/Plyt8>
- Balogh Zoltán: *Mérgező harcanyagok kémiája.* Budapest, ZMKMF, 1971.
- Berek Lajos: Manőverek a korszerű harcban. *Hadmérnök*, 1. (2006), 1. Online: www.hadmernok.hu/archivum/2006/1/2006_1_berek.html
- Berek Tamás – Horváth Livia: Az egyéni vegyivédelmi védőeszköz alkalmazásának élettani hatásai – a vízvesztés. *Hadmérnök*, 12. (2017), 1. k. sz. 48–58. Online: www.hadmernok.hu/170k_04_horvath.pdf
- Berek Tamás – Pellérdi Rezső: ABV (CBRN) kihívásokra adott válaszleépések az EU-ban. *Bolyai Szemle*, 20. (2011), 2. 55–72. Online: http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle2011/2/Berek_Pellerd.pdf
- Berek Tamás: A parancsnok felkészítésének kihívásai az ABV jártasság tükrében. In Mankovits Tamás – Molnár Sándor Károly – Németh Sarolta (szerk.): *Tavaszi Szél konferenciakiadvány.* Budapest, Doktoranduszok Országos Szövetsége, 2007.
- Berek Tamás: A jövő tisztjeinek ABV-védelmi felkészítésének iránya az ABV jártasság követelményeinek tükrében. *Hadmérnök*, 5. (2010), 2. 5–16. Online: www.hadmernok.hu/2010_2_berek.php

- Berek Tamás: ABV (CBRN) analitikai laboratórium, mint művelettámogató speciális vegyívédelmi képesség. *Hadmérnök*, 6. (2011), 1. 131–144. Online: www.hadmernok.hu/2011_1_berek.pdf
- Berek, Tamás: Key Elements of Standards of Proficiency for CBRN Defence in Military Officers' Education. *Hadmérnök*, 8. (2013), 4. 33–39. Online: www.hadmernok.hu/134_04_berekt.pdf
- Berek Tamás: ABV (CBRN) tűzszerészcsoporthoz mint a biztonsági kihívásokra adott válaszlépés. *Bolyai Szemle*, 25. (2016a), 4. 22–34. Online: http://uni-nke.hu/uploads/media_items/bolyai-szemle-2016-04.original.pdf
- Berek Tamás: LCD-3 széria, mint lehetséges hatékony eszköz az alegységek ABV-védelmi felszerelés rendszerében. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26. (2016b), 1. 68–79. Online: www.hhk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/PDF_2016_1sz/MKK2016_1sz_ossz.pdf
- Bernard, Thomas – Candi Ashley – Joseph Trentacosta – Vivek Kapur – Stephanie Tew: *Effects of Porosity on Critical WBGT and Apparent Evaporative Resistance*. 2009. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/11TUY>
- Biological Weapons Convention*. 2019. Online: www.un.org/disarmament/biological-weapons/
- Black ICE II Bioterrorism Response International Coordination Exercise*. BWC/MSP/2010/MX/WP.15. Genf, 2010. augusztus 27. Online: <https://digitallibrary.un.org/record/690894?ln=en>
- Boda József – Boldizsár Gábor – Kovács László – Orosz Zoltán – Padányi József – Resperger István – Szenes Zoltán: A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, (2016), 16. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/hKhOf>
- Csepregi Péter – Halász László – Huszár András – Révai Róbert: Biológiai kockázatokkal és veszéllyel jellemezhető anyagok detektálása valós idejű módszerekkel a jelenlegi technológiák áttekintése és hatékonyságuk elemzése az azonosítás és fertőződés valószínűségének szempontjából. *Polgári Védelmi Szemle*, (2010). 101–117. Online: www.mpvsz.hu/letoltes/pvszemle/pv2010.pdf
- Csurgai József – Goricsán István – Ács Beatrix – Csók László – Halász László – Lajos Tamás – Pintér István – Solymosi József – Vincze Árpád – Zelenák János: ABV-anyagok terjedésének numerikus, számítógépes szimulációja. *Haditechnika*, 39. (2005), 1. 13–19.
- Csurgai, József – Zelenák János – Lajos Tamás – Goricsán István – Halász László – Vincze Árpád – Solymosi József: Numerical Simulation of Transmission of NBC Materials. *AARMS*, 5. (2006), 3. 417–434.

- Davis, Ian: *The British Bomb and NATO. Six Decades of Contributing to NATO's Strategic Nuclear Deterrent*. Stockholm, SIPRI, 2015.
- Ember István: Lehetőségek a tűzserész-szakkiképzés fejlesztésére. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30. (2020), 1. 99–110. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/809/3781>
- Eärstö, Tytti – Tarja Cronberg: *Opposing Trends: The Renewed Salience of Nuclear Weapons and Nuclear Abolitionism*. Stockholm, SIPRI, 2018.
- Erdős József – Ordasi István – Sztanyik László: *Az atomfegyver felépítése, pusztító hatása és az ellene való védekezés*. Budapest, Zrínyi Katonai Kiadó, 1963.
- Európai Bizottság: *A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek és a Tanácsnak a vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris biztonság Európai Unión belüli megerősítéséről – az EU CBRN cselekvési terve*. SEC(2009)790 (2009. június 24.). Online: <http://ludovika.lnkiy.in/pvEQM>
- Európai Bizottság: *A Bizottság jelentése az Európai Parlamentnek és a Tanácsnak az EU segítségnyújtási és polgári védelmi politikájáról, valamint azok 2013. évi végrehajtásáról*. COM(2014)537 (2014. augusztus 28.). Online: www.ipex.eu
- Európai Unió Tanácsa: *A terrorizmus elleni küzdelem stratégiájának és cselekvési tervének végrehajtása*. 15912/08. sz. dokumentum. 2008. november 19. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/T0r9k>
- Fallon, Michael: *The Case for the Retention of the UK's Independent Nuclear Deterrent the Defence Secretary Set Out the Case for the Retention of the UK's Independent Nuclear Deterrent at Policy Exchange Today*. 2016. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/WHLec>
- Földi, László – Kuti Rajmund: Characteristics of Forest Fires and their Impact on the Environment. *AARMS*, 15. (2016), 1. 5–17.
- Gácsér Zoltán: *A katona harci képességét növelő korszerű, hálózatba integrált egyéni felszerelésrendszerének kialakítási lehetőségei a Magyar Honvédségben*. PhD-értekezés. Budapest, ZMNE, 2008.
- Glatz Ferenc: *Vízgazdálkodás a Kárpát-medencében*. MTA Társadalomkutató Központ, 2009. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/eDCA8>
- Grand, Camille: Nuclear Deterrence and the Alliance in the 21st Century. *NATO Review*, 2016. július 4. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/u81XE>
- Grósz Zoltán: *Az ABV védelem alapjai*. Budapest, ZMNE, 2001.
- Hajdú István – Somorác András – Téglási József (szerk.): *Törzsszolgálat*. Budapest, ZMNE, 1999.
- Halász László – Nagy Károly: *Mérgező anyagok kémiája*. Egyetemi jegyzet. Budapest, ZMNE, 2000.

- Halász László: *Haditechnikai ismeretek III.* Budapest, HM Haditechnikai Intézet, 1990.
- Halász László: *ABV-védelmi meteorológia.* Egyetemi jegyzet. Budapest, ZMNE, 2004.
- Halász László: Éghajlatváltozás és haditechnika. *Hadtudomány*, 23. (2013), k. sz. 52–66. Online: www.mht.hu/hadtudomany/2013/eghajlatvaltozas.pdf
- Halász László: Elveszett értékek (Befejezetlen vegyivédelmi eszközfejlesztések a HM Haditechnikai Intézeténél). *Hadmérnök*, 9. (2016), 4. 56–68. Online: http://hadmer-nok.hu/164_07_halasz.pdf
- Havai Gábor: *Vegyivédelem.* Budapest, ZMNE, 1999.
- Havai Gábor: *Vegyivédelmi ismeretek.* Budapest, ZMNE, 1998.
- Havenith, George – Peter Bröde – Victor Candas – Emiel den Hartog – Ingvar Holmér – Kaley Kuklane – Harriet Meinander – Wolfgang Nocker – Mark Richards – Xiaoxin Wang: *Evaporative Cooling in Protective Clothing Efficiency in Relation to Distance from Skin.* Environmental Ergonomics Research Group. Loughborough, Department of Human Sciences, Loughborough University, 2017. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/5U22Q>
- Holmér, Ingvar: Protective Clothing in Hot Environments. *Industrial Health*, 44. (2006), 3. 404–413. Online: <https://doi.org/10.2486/indhealth.44.404>
- Horváth Ákos: A mezoskálájú folyamatok szerepe a konvektív felhőképződésben. In Weidinger Tamás – Geresdi István (szerk.): *Felhőfizika és mikrometeorológia.* Budapest, Országos Meteorológiai Szolgálat, 2007.
- Horváth Tibor: Az IED hálózat, mint korunk egyik aszimmetrikus kihívása. In Csengeri János – Krajnc Zoltán (szerk.): *Humánvédelem – békeművelési és veszélyhelyzet-kezelési eljárások fejlesztése.* Budapest, NKE, 2016. 301–331.
- ICRP: *Annals of the ICRP PUBLICATION 103.* The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.
- Juhász József: *A zászlóalj támadása.* Egyetemi jegyzet. Budapest, ZMNE, 2000.
- Karkalic, Radovan – Veselin Maslak – Aleksandar Nikolić – Mirjana Kostić – Dalibor Jovanović – Željko Senić – Zlate Veličković: Application of Permeable Materials for CBRN Protective Equipment. *Zastita Materijala*, 56. (2015), 2. 239–242. Online: <http://idk.org.rs/wp-content/uploads/2015/06/16RADOVAN.pdf>
- Kátai-Urbán Lajos – Pellérdi Rezső – Vass Gyula: Veszélyes ipari üzemek szándékos károsítás elleni védelme. *Bolyai Szemle*, 24. (2015), 2. 115–128. Online: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/14371>
- Kennon, Steve: Contaminated Devices. *Intersec*, 2010. szeptember 34–36. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/cr56M>
- Kézikönyv az ABV-védelmi műveletek egészségügyi vonatkozásairól (biológiai).* MH Dr. Radó György Honvéd Egészségügyi Központ, 2010.

- Kézikönyv az ABV-védelmi műveletek egészségügyi vonatkozásairól (nukleáris).* MH Dr. Radó György Honvéd Egészségügyi Központ, 2010.
- Kézikönyv az ABV-védelmi műveletek egészségügyi vonatkozásairól (vegyi).* MH Dr. Radó György Honvéd Egészségügyi Központ, 2010.
- Kis Anna – Szabó János Adolf – Pongrácz Rita – Bartholy Judit: A klímaváltozás extrém lefolyási karakterisztikákra gyakorolt hatásainak elemzése a Zagyva vízgyűjtőn. In Pongrácz Rita – Mészáros Róbert – Kis Anna (szerk.): *Aktuális kutatások az ELTE Meteorológiai Tanszékén.* Budapest, ELTE, 2015.
- Kiss Sándor: *Speciális védőfelszerelések.* Főiskolai jegyzet. Budapest, ZMNE, 2000.
- Kohut László: Katonák terheléstűrése meleg, száraz környezeti körülmények között – a fizioológia. *Hadtudományi Szemle*, 1. (2008), 3. 101–109. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/WZxjz>
- Kovács Tibor: *Sugárvédelem.* Főiskolai jegyzet. Budapest, BJKMF, 2002a.
- Kovács Tibor: Mérgező anyagok fizikai elvű kimutatása. *Hadtudomány*, 12. (2002b), 4. 106–114.
- Kovács Zoltán – Szabó Sándor: Improvizált robbanóeszközök hatásai ellen történő védelem „DEFENCELL” készlettel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24. (2014), 3. 41–53. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/N2CcJ>
- Kovács Zoltán: Gondolatok a műszaki támogatás és a műszaki zárás alapjairól. *Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények*, 6. (2002), 1. 30–46.
- Kovács Zoltán: Fontos létesítmények IED elleni védelme. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32. (2012a), k. sz. 35–44. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/hmtPS>
- Kovács Zoltán: Repülőterek védelme improvizált robbanóeszközök (IED) ellen. *Repüléstudományi Közlemények*, 24. (2012b), 2. 70–79. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/wz0ZY>
- Kovács Zoltán: Katonai objektumok IED elleni védelmének lehetséges technikai megoldásai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23. (2013), 2. 114–121. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/wv60D>
- Kővári László: Az amerikai–orosz fegyverzetkorlátozási, illetve -csökkentési megálapodások helyzete és perspektívája. *Honvédségi Szemle*, 147. (2019), 5. 102–113.
- Kristóf Gergely – Bányai Tamás – Rácz Norbert – Gál Tamás – Unger János – Weidinger Tamás: A városi hősziget által generált konvekció modellezése általános célú áramlástanai szofttverrel – összehasonlítás kisminta kísérletekkel. In Weidinger Tamás – Geresd István (szerk.): *Felhőfizika és mikrometeorológia.* Budapest, Országos Meteorológiai Szolgálat, 2007. 95–104.
- Lányi Béla (szerk.): *Járványügyi és klinikai bakteriológia. Módszertani útmutató.* Budapest, Országos Közegészségügyi Intézet, 1988.

- LCD 3.3. Smiths Detection. (É. n.) Online: <http://ludovika.lnkiy.in/uXhQb>
- Magyar István: A Magyar Honvédség várható feladatai a XXI. században, a zászlóalj harcsoport alkalmazásának elvei és lehetőségei. In Kőszegvári Tibor – Sztternák György – Magyar István: *A XXI. századi hadviselés*. Egyetemi jegyzet. Budapest, ZMNE, 2000.
- Mika János: Szünetelő melegedés – kihívások és következtetések az IPCC jelentéseiben (2013–2014). In Kóródi Tibor – Sansumné Molnár Judit – Siskáné Szilasi Beáta – Dobos Endre (szerk.): *VII. Magyar Földrajzi Konferencia*. Miskolc, (k. n.), 2014. 424–431. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/4zzW4>
- Molnár Zs. – Balázs László: *Neutronaktivációs analitikai gyakorlat mérésleírása*. BME NTI Oktatóreaktor, 2007. Online: www.chem.elte.hu/system/files/NAA_meresleiras.pdf
- NATO: *STANAG 2112. Nuclear, biological and Chemical Reconnaissance*. 2005. szeptember 12.
- NATO: *ATP-3.8.1 vol. II. Specialist NBC Defense Capabilities*. 2005. január 1. Online: https://infostore.saiglobal.com/en-us/standards/ATP-3-8-1-VOL-2-2005-736378_SAIG_NATO_NATO_1788607/
- NATO: *AAP-21(B) NATO Glossary of Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Terms and Definitions English and French*. 2006. július 1. Online: [https://standards.globalspec.com/std/921688/AAP-21\(B\)](https://standards.globalspec.com/std/921688/AAP-21(B))
- NATO: *ATP-3.8.1 vol. III. CBRN Defence Standards for Education, Training and Evaluation*. 2011. április 5. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/e9j9f>
- NATO: *STANAG 2609 AEODP-8 Interservice Chemical Biological Radiological Nuclear Explosive Ordnance Disposal Operations (CBRN EOD) on Multinational Deployments*. 2011. november 3. Online: <https://standards.globalspec.com/std/1464871/stanag-2609>
- NATO: *NATO Encyclopedia 2018*. Brussels, 2018. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/LeWc5>
- NATO: *The Secretary General's Annual Report 2018*. 2019. március 14. Online: www.nato.int/cps/en/natohq/opinions_164187.htm
- NATO: *NATO's Nuclear Deterrence Policy and Forces*. 2019. június 8. Online: www.nato.int/cps/en/natohq/topics_50068.htm
- NATO: *NATO's Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Defence Policy*. 2022a. június 14. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/VcJkG>
- NATO: *The Impact of Technological Trends on CBRN Defence Towards 2030*. NATO Chief Scientist Research Report, 2022b.
- Nemzetbiztonsági Hivatal: *Bio-fenyegetés az új évezredben*. 2001. augusztus 27.
- Office of Nuclear Security International Atomic Energy Agency: *Illicit Trafficking Database (ITDB)*. IAEA, 2020. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/gDOzw>

- Office of Nuclear Security International Atomic Energy Agency: *Convention on Nuclear Safety*. IAEA, 2022. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/DihHH>
- Office of Nuclear Security International Atomic Energy Agency: *New Convention Against Nuclear Terrorism Bolsters Global Framework*. IAEA, 2022. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/u8oi1>
- OPCW: *OPCW by the Numbers*. (É. n.) Online: www.opcw.org/media-centre/opcw-numbers
- Padányi József: *A Magyar Honvédség műszaki csapatainak lehetőségei és feladatai békeidőben a természeti- és civilizációs katasztrófák megelőzésében és a következmények felszámolásában*. Kandidátusi értekezés. 1994.
- Padányi József: Vízkonfliktusok. *Hadtudomány*, 25. (2015), k. sz. 272–284. Online: www.mhht.eu/hadtudomany/2015/2015_elektronikus/23_PADANYI_JOZSEF.pdf
- Páldy Anna – Bobvos János: Éghajlatváltozás és biztonság: humán-egészségügyi következmények. *Hadtudomány*, 23. (2013), k. sz. 6–20. Online: www.mhht.eu/hadtudomany/2013/eghajlatvaltozas.pdf
- Pellérdi Rezső: Korunk kihívása a nukleáris terrorizmus. In Mankovits Tamás – Molnár Sándor Károly – Németh Sarolta (szerk.): *Tavaszi Szél konferenciakiadvány*. Budapest, Doktoranduszok Országos Szövetsége, 2007.
- Peters, Robert – Justin Anderson – Harrison Menke: Deterrence in the 21st Century, Integrating Nuclear and Conventional Force. *Strategic Studies Quarterly*, 12. (2018), 4. 15–43. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/OlhAg>
- Pollard, Matthew J. – Christopher K. Hilton – Hongli Li – Kimberly Kaplan – Richard A. Yost – Herbert H. Hill Jr.: Ion Mobility Spectrometer–Field Asymmetric Ion Mobility Spectrometer–Mass Spectrometry. *International Journal for Ion Mobility Spectrometry*, 14. (2011). 15–22. Online: <https://doi.org/10.1007/s12127-011-0058-9>
- Schumacher, Jan – J. Arlidge – F. Garnham – I. Ahmad: A Randomised Crossover Simulation Study Comparing the Impact of Chemical, Biological, Radiological or Nuclear Substance Personal Protection Equipment on the Performance of Advanced Life Support Interventions. *Anaesthesia*, 72. (2017), 5. 592–597. Online: <https://doi.org/10.1111/anae.13842>
- Sferopoulos, Rodi: *A Review of Chemical Warfare Agent (CWA) Detector Technologies and Commercial-Off-The-Shelf Items*. DSTO Defence Science and Technology Organisation, 2009.
- Simon Ákos: *Mérgező-, gyűjtő- és kódosító anyagok*. Budapest, BJKMF, 1990.
- Simon Ákos: *Az atomfegyver (atomreaktorok)*. Budapest, BJKMF, 1992.
- Stockholm International Peace Research Institute: *Armaments, Disarmament and International Security*. Stockholm, SIPRI, 2019.

- Stockholm International Peace Research Institute: *Armaments, Disarmament and International Security*. Stockholm, SIPRI, 2022.
- Su, Fei – Anthony Ian: *Reassessing CBRN Threats in a Changing Global Environment*. Stockholm, SIPRI, 2019.
- Szász Gábor – Nagy Zoltán: A légköri és a felszíni hatások elkülönítésének lehetőségei a felszínközeli sűrűlódási rétegben. In Weidinger Tamás – Geresdi István (szerk.): *32. Meteorológiai Tudományos Napok*. Budapest, Országos Meteorológiai Szolgálat, 2007. 125–150.
- Trájer Attila János – Bede-Fazekas Ákos – Bobvos János – Páldy Anna: Új vektoriális betegségek megjelenésének lehetősége, és a már őshonos betegségek jelentőségének növekedése a klímaváltozás következtében. A XXI. század egészségügyi és hadászati biztonságát fenyegető hazardok. *Hadtudomány*, 23. (2013), k. sz. 255–270. Online: www.mhtt.eu/hadtudomany/2013/eghajlatvaltozas.pdf
- Treaty on the Prohibition of Nuclear Weapons*. 2017. július 7. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/zYpCI>
- U.S. Project to Strengthen BWC National Implementation: *An Offer of Assistance*. BWC/MSP/2020/MX.3/WP.2. 2021. október 21. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/mj09X>
- UK Government: *The United Kingdom's Future Nuclear Deterrent: 2016 Update to Parliament*. 2016. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/mSLHz>
- UK Government: *The United Kingdom's Future Nuclear Deterrent: 2018 Update to Parliament*. 2019. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/IeE6T>
- UK Ministry of Defence: *Continuous at Sea Deterrent 50: What You Need to Know*. 2019. május 3. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/bv4uH>
- UK Parliament: *Mutual Defence Agreement*. 2014. október 20. Online: <https://commons-library.parliament.uk/research-briefings/sn03147/>
- United Nations: *National Preparedness against Biological Threats*. BWC/MSP/2010/MX/WP.13. 2010. Online: <https://digitallibrary.un.org/record/708903>
- United Nations: *Security Council Resolution 1540*. 2004. április 28. Online: <http://ludovika.lnkiy.in/kZXMg>
- Utasítás a sugárhelyzet értékelésére és a csapatok riasztására*. MH, 2010.
- Vágföldi Zoltán – Földi László: Korszerű ABV felderítő eszközök. *Sereg Szemle*, 9. (2011), 2. 50–57.
- Vince Árpád: *Radiológia segédlet az egyetemi előadások anyagához*. Budapest, ZMNE, 2000.
- Vörös László – Fodor József: *A zászlóalj védelme*. Egyetemi jegyzet. Budapest, ZMNE, 2001.

- Weidi, Xu: China's Security Environment and the Role of Nuclear Weapons. In Li Bin – Tong Zhao (szerk.): *Understanding of Chinese Nuclear Thinking*. Washington, D. C., Carnegie Endowment for International Peace, 2016.
- Woods, Jeffrey: *APG/JPEO-CBD Advanced Planning Brief To Industry JPM NBC CA*. (É. n.)
- Xiangli, Sun: Study on China's Nuclear Strategy. In Zhang Tuosheng – Li Bin – Fan Jishe (szerk.): *Comparative Study on Nuclear Strategies*. Beijing, Social Sciences Academic Press, 2016a.
- Xiangli, Sun: The Development of Nuclear Weapons in China. In Li Bin – Tong Zhao (szerk.): *Understanding of Chinese Nuclear Thinking*. Washington, D. C., Carnegie Endowment for International Peace, 2016b.
- Zhao, Tong: Changes in and the Evolution of China's Nuclear Thinking. In Li Bin – Tong Zhao (szerk.): *Understanding of Chinese Nuclear Thinking*. Washington, D. C., Carnegie Endowment for International Peace, 2016.

Vákát

A tömegpusztító fegyvereket és esetleges használatukat az egyes történelmi periódusokban eltérő módon ítélték meg a katonai teoretikusok. A nagy háború frontjain már széles körben alkalmazták a vegyi fegyvereket, amelyek hatalmas pusztítást okoztak, s ez arra sarkallta a nagyhatalmokat, hogy – a nemzetközi közvélemény tiltakozása ellenére – a következő háborúra készülve újabb és még hatékonyabb mérgező harcanyagokat fejlesszenek ki. A II. világháború technológiai-tudományos eredményei alapjaiban változtatták meg a korábbi harceljárásokat: megjelentek a nukleáris fegyverek a katonai eszköztárban. Ugyan a Nagaszakit és Hirosimát sújtó atomcsapások óriási felháborodást váltottak ki, a hidegháborús éveket a katonai célú nukleáris kutatások felgyorsulása és a fegyverkezési verseny jellemezte. Az atomfegyver jelentősége a bipoláris világrend felbomlását követő évtizedekben sem csökkent, sőt, szerepe egyre nagyobb lett a biztonság fenntartásában és a kölcsönös elrettentésben.

A könyv célja, hogy megvilágítsa a tömegpusztító fegyverek biztonsági kockázatait és az úgynevezett CBRN-eszközök jelentette kihívásokat, s hogy összefoglalóan bemutassa, milyen katonai és egyéb válaszlépések adhatók háborús, illetve harcéri bevetésük esetén.