

Doktori (PhD) értékezés

dr. Farkas Csaba Bence

2025

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
HADTUDOMÁNYI ÉS
HONVÉDTISZTKÉPZŐ KAR
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA

dr. Farkas Csaba Bence

Vegyí, biológiai, illetve radio-nukleáris eseményekben
kontaminált elhunytak azonosítása; a biztonságos
feladatvégzés elméleti és gyakorlati kihívásai

Doktori (PhD) értekezés

Témavezetők:

.....

Dr. Svéd László PhD

.....

Dr. Földi László PhD

Budapest, 2025.

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	6
Kutatási téma aktualitása.....	6
Tudományos probléma megfogalmazása	9
Kutatási hipotézisek	10
Kutatási célok.....	11
Kutatási módszerek	13
Értekezés felépítése	14
Releváns szakirodalom áttekintése.....	15
A halottak, illetve CBRN események egészségügyi kezelésével kapcsolatos fontosabb jogszabályok.....	15
Az Interpol Disaster Victim Identification áldozatazonosítási módszere	27
A témához releváns módon kötődő NATO dokumentumok.....	32
1. A CBRN katasztrófák komplex környezet- és egészségkárosító képessége.....	34
1.1. Bevezetés.....	34
1.1.1. A CBRN események környezetre gyakorolt hatása	34
1.1.2. Az élettelen környezeti elemek szerepe CBRN katasztrófákban.....	35
1.1.3. Az élővilág, mint környezeti elem szerepe CBRN katasztrófákban.....	37
1.2. Esettanulmány: a bhopali vegyi katasztrófa	39
1.3. Esettanulmány: A 2009-es H1N1 pandémia.....	42
1.4. Esettanulmány: A goiâniai radiológiai incidens	46
1.5. Esettanulmány: A csernobili nukleáris katasztrófa.....	48
1.6. Magyarország CBRN rizikótényezői	52
1.6.1. Vegyi jellegű rizikótényezők az elhunytkelésben	53
1.6.2. Biológiai jellegű rizikótényezők az elhunytkelésben	55
1.6.3. Sugárzó anyagokkal kapcsolatos rizikótényezők az elhunytkelésben	58
1.7. Esettanulmány: A 2010-es vörösiszap katasztrófa.....	59
1.8. Részkövetkeztetések.....	61
2. A CBRN halottkezelés infrastrukturális, védőfelszerelés igényei és személyi feltételei.....	62
2.1. A post mortem vizsgálatok minimumfeltételeinek jogszabályi háttere	62
2.2. A biológiai biztonsági szintek.....	66
2.2.1. Az 1-es biológiai biztonsági szint (BSL-1).....	67
2.2.1.1. BSL-1 gyakorlatok és eljárások.....	67
2.2.1.2. BSL-1 biztonsági felszerelések	68
2.2.1.3. BSL-1 laboratóriumi infrastruktúra.....	68
2.2.2. Biológiai biztonsági szint 2 (BSL-2)	69

2.2.2.1. BSL-2 gyakorlatok és eljárások.....	69
2.2.2.2. BSL-2 biztonsági felszerelések	70
2.2.2.3. BSL-2 laboratóriumi infrastruktúra	70
2.2.3. Biológiai biztonsági szint 3 (BSL-3).....	71
2.2.3.1. BSL-3 gyakorlatok és eljárások.....	71
2.2.3.2. BSL-3 biztonsági felszerelések	72
2.2.3.3. BSL-3 laboratóriumi infrastruktúra	72
2.2.4. 4-es Biológiai Biztonsági Szint (BSL-4)	74
2.2.4.1. BSL-4 Eljárások és gyakorlatok	74
2.2.4.2. BSL-4 Biztonsági berendezések.....	75
2.2.4.3. BSL-4 Laboratóriumi létesítmények	76
2.3. A CBRN halottkezeléshez szükséges infrastrukturális elemek	78
2.3.1. Az izoláció és hűtés	78
2.3.2. A légtechnika	80
2.3.4. A mentesítés, valamint a hulladék- és szennyvízkezelés	81
2.4. A CBRN halottkezeléshez szükséges tárgyi feltételek és az egyéni védőfelszerelés	82
2.4.1. A védőfelszerelések védelmi képességei, minősítése	83
2.4.2. A légzésvédelemben releváns védőfelszerelés tulajdonságok	84
2.4.3. A bőrvédelemben releváns védőfelszerelés tulajdonságok.....	85
2.4.4. A tetemzsák.....	87
2.5. A CBRN halottkezelésben résztvevő személyi állomány kritériumai	88
2.6. Részkövetkeztetések.....	90
3. A SARS-CoV-2 pandémia tapasztalatai	92
3.1. A SARS-CoV-2 vírus bemutatása.....	92
3.2. A SARS-CoV-2 pandémia magyarországi megjelenése	93
3.3. Bonctermi tapasztalatok a COVID-19 betegség vonatkozásában	94
3.3.1. A 2020. februárjában végrehajtott bonctermi gyakorlat tanulságai	95
3.3.2. Éles post mortem műveletek 2020. októbere és 2022. márciusa között.....	99
3.4. A SARS-CoV-2 vírus, mint potenciális biológiai fegyver	105
3.4.1. Fertőzőképesség	106
3.4.2. Fertőzés–betegség arány.....	106
3.4.3. Prediktabilitás és lappangási idő	107
3.4.4. Morbiditás és mortalitás	107
3.4.5. Nagyobb mennyiségben előállíthatóság és tárolhatóság	108
3.4.6. Aeroszolstabilitás, környezeti stabilitás és átadhatóság.....	109
3.4.7. Terjeszthetőség	109
3.4.8. Megelőző beavatkozások elérhetősége.....	110

3.4.9. Terápiás ellátás elérhetősége	110
3.4.10. Kimutathatóság.....	111
3.4.11. Összegzett következtetések a SARS-CoV-2 biofegyver potenciálját illetően	111
3.5. Részkövetkeztetések.....	116
4. A CBRN halottkezelés speciális aspektusai	118
4.1. A 2023-as bonctermi gyakorlat és védőfelszerelés teszt tanulságai	118
4.1.1. A 2023-as bonctermi gyakorlat felépítése	118
4.1.2. A 2023-as bonctermi gyakorlat eredményei, tanulságai	121
4.2. Dekontaminálás lehetőségei CBRN holttestkezelés kapcsán	129
4.2.1. Mentelési algoritmus javaslat holttestkezelés kapcsán	129
4.2.2. Folyadékalapú mentés hatása az ujjnyomatokra	131
4.2.2.1. A kísérletben felhasznált minták.....	131
4.2.2.2. Dekontaminálószer kiválasztása	134
4.2.2.3. Ujjlenyomat vételezési technikák	135
4.2.2.4. Kísérleti algoritmus	136
4.2.2.5. Ujjlenyomatok és szövettani minták független elemzése	137
4.2.2.6. A kísérletsorozat eredményei.....	137
4.3. Algoritmus javaslat a CBRN elhunytak sorsának rendezéséhez	141
4.3.1. Veszélyes ágens azonosítása.....	141
4.3.2. Dekontamináció.....	142
4.3.4. Tárgyi feltételek, egyéni védőfelszerelések ellenőrzése.....	143
4.5.6. Műveletek tervezése	144
4.4. Részkövetkeztetések.....	144
Összegzett következtetések	146
Új tudományos eredmények	147
Ajánlások, javaslatok.....	148
A kutatási eredmények gyakorlati hasznosíthatósága	149
Köszönetnyilvánítás	150
Irodalomjegyzék.....	151
Jogszabályok jegyzéke	168
A témakörből készült publikációim.....	169
Mellékletek.....	170
Rövidítések jegyzéke.....	170
Ábrák jegyzéke.....	172
Táblázatok jegyzéke	174

Bevezetés

Kutatási téma aktualitása

A halál és az elmúlás természete, valamint az elhunytakkal kapcsolatos kérdések az emberi civilizáció kezdete óta központi jelentőséggel bírnak, legyen szó tudományos, jogi, kulturális vagy vallási aspektusokról. Az elhunytakhoz fűződő viszonyunkat nemcsak társadalmi és vallási környezetünk, hanem személyes élményeink és benyomásaink is formálják. Fontos azonban felismerni, hogy ez a kapcsolat nem csupán érzelmi vagy kulturális szinten létezik, hanem mélyebb, tudományos jelentéstartalommal is bír, amelyet a klasszikus latin mondás fejez ki legtalálóbban: "mortui vivos docent", vagyis "a halottak tanítják az élőket." A modern, bizonyítékokon alapuló orvoslás egyik alapkövét a halál utáni, azaz post mortem vizsgálatok jelentik, amelyek tapasztalatai nélkül lehetetlen lenne megérteni a betegségek, sérülések hátterében álló patomechanizmusokat. A makroszkópos (szabad szemmel is megfigyelhető), mikroszkópos, valamint molekuláris szintű kóros folyamatok feltárása, mint azt az értekezés későbbi fejezeteiben láthatjuk, különös jelentőséget nyer az újonnan felbukkanó betegségek megismerésében és az ellenük kidolgozandó védekezés megalapozásában.

A halál okának feltárása mellett az ismeretlen személyazonosságú holttestek azonosítása is számos szempontból alapvető fontosságú¹. Egyrészt etikai és humanitárius megfontolások indokolják a személyazonosság megállapítását, különösen a hozzátartozók értesítésének és felkutatásának lehetővé tétele érdekében. Emellett elengedhetetlen, hogy az adott egyén halálának ténye hivatalosan is rögzítésre kerüljön statisztikai, jogi és közigazgatási célból. A személyazonosság egyértelmű megállapítása elengedhetetlen az adminisztratív és ceremoniális lépésekhez, mint például a temetés, hamvasztás vagy egyéb végső búcsúzási formák lebonyolítása. A pozitív azonosítás a jogi kötelezettségek és jogosultságok rendezésének is előfeltétele, különös tekintettel a vagyoni kérdésekre – ingóságok, ingatlanok, tartozások –, valamint a különböző pénzügyi ügyekre, mint az életbiztosítási kifizetések vagy özvegyi ellátások igénylése. Továbbá a rendvédelmi és igazságügyi szervek munkájának elősegítése szempontjából is kiemelt jelentőséggel bír az azonosítás, hiszen ez képezi a nyomozás megindításának és hatékony lefolytatásának egyik alapfeltételét.

¹ Knight 2004: 98-135

A fentiek alapján megérthető, hogy a haláloki meghatározás, valamint az áldozatazonosítás miért alapvető fontosságú. A kiemelt jelentőség tükrében nem véletlen, hogy az adott halálesetet követően a halálozás helyszínétől egészen a végső nyughelyre helyezésig egy precízen szabályozott, komplex folyamatnak kell megvalósulnia. Az értekezés 7. pontjában részletesen bemutatásra kerülő hazai jogi keretek meghatározzák a természetes és nem természetes halálesetekkel kapcsolatos teendőket, az azonosítás módját és metodikáját, a halál okának megállapítását, valamint a temetés lehetséges formáit is.

Kutatási témám elsődleges aktualitását az a tény képezi, hogy az áldozatazonosítás, valamint a haláloki meghatározás folyamatsora vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris háttérű katasztrófák esetében is elvégzendő, ugyanakkor az ehhez szükséges feltételrendszer részletes meghatározása, magyarországi lefektetése korábban nem történt meg. Általánosságban elmondható, hogy a vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris (angol nomenklatúrában *chemical*, *biological*, *radiological*, *nuclear*, azaz CBRN) eredetű katasztrófák megelőzése és kezelése kiemelt jelentőséggel bír a globális biztonság és közegészségügy szempontjából. Az Európai Bizottság meghatározása alapján CBRN-katasztrófaként definiálható minden „olyan vegyi, biológiai, radiológiai vagy nukleáris esemény, amelyekben a kiszabaduló veszélyes anyag baleset kapcsán vagy szándékosan kiengedve, disszemináció útján, illetve hatásai révén a társadalomban kárt okozhat².” A szakirodalmi nomenklatúra tisztázása érdekében fontos továbbá megemlíteni, hogy a káresemény kialakulásának (szándékos ártó tevékenység vagy baleset) háttere és az incidens nagysága, a felszámoláshoz szükséges erőforrások mértéke alapján megkülönböztethetünk veszélyes anyaggal kapcsolatos káreseményt (*hazardous material incident*), amelyek a klasszikus értelemben vett CBRN katasztrófákhoz képest általában korlátozott kiterjedésű, nem szándékos cselekményhez köthető események³. A nomenklatúrális megkülönböztetés következménye, hogy a definitív CBRN ágensek inkább azonosíthatók a tömegpusztításra alkalmas vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris fegyverekkel, vagy fegyverként is használható anyagokkal, kórokozókkal.

Felismerve a veszélyes kórokozók és veszélyes anyagok jelentette környezetkárosító és egészségromboló potenciált, a nemzeti és nemzetközi jogi környezet szigorú keretek közé helyezi ezek előállítását, felhasználását, tárolását, szállítását. A jogi szabályozási törekvések ellenére azonban az ipari tevékenységek rohamos fejlődése és a technológiai innovációk elterjedése növeli a veszélyes anyagokkal való visszaélések, balesetek és szándékos

² European Commission

³ Calder – Bland 2018

károkozások kockázatát. A civilizációs hatások, különösen az urbanizáció, a globális mobilitás és az éghajlatváltozás tovább fokozzák az ilyen típusú incidensek megjelenési valószínűségét, valamint potenciális hatását⁴. A vegyi anyagokkal való visszaélés vagy nem megfelelő tárolás, szállítás súlyos környezeti és humán egészségügyi következményekkel járhat. A biológiai kórokozók nemcsak természetes úton, hanem laboratóriumi balesetek vagy bioterrorizmus révén is terjedhetnek, veszélyeztetve az érintett populáció egészségét és stabilitását. A radiológiai és nukleáris események – legyenek azok balesetek vagy szándékos cselekmények – hosszú távú környezeti károkat és pszichológiai hatásokat okozhatnak. A CBRN fenyegetések kezelése komplex, multidiszciplináris megközelítést igényel, amely ötvözi a tudományos, technológiai, jogi és kockázatkezelési ismereteket. A felkészültség és a gyors reagálás kulcsfontosságú a lakosság védelme és a kritikus infrastruktúrák fenntartása érdekében. Mivel a CBRN ágensek nem ismernek és nem is respektálnak országhatárokat, a nemzetközi együttműködés és az információmegosztás elengedhetetlen a határokon átnyúló kockázatok kezelése során. Összességében a CBRN katasztrófák elleni védekezés nemcsak aktuális, hanem elengedhetetlen része a modern társadalmak biztonságpolitikájának és fenntarthatóságának.

Értelemszerű, hogy a védekezés integráns alkotóelemét kell, hogy képezze az adott eseményhez köthető elhunytak sorsának rendezése is. A CBRN katasztrófákban életüket vesztettek teteme szennyeződhet, mind külső és belső formában hordozója maradhat a veszélyes ágensnek. Ahhoz, hogy a tetemmel biztonságos módon lehessen dolgozni, óvintézkedések sorára lesz szükség. A halottkezelés fontosságát és aktualitását CBRN esemény kapcsán olyan szomorú hazai és nemzetközi példák támasztják alá, mint a 2019-ben a kínai Wuhan városában indult SARS-CoV-2 pandémia, amely globálisan több, mint 7 millió, csak Magyarországon 49 ezer életet követelt⁵. Vegyi jellegű káreseményre példaként említhető a bhopali tragédia, vagy az Ajka környékén bekövetkezett 2010-es vörösiszap katasztrófa. A radiológiai incidensek közül talán a legjelentősebb a Brazíliában, Goiâniában történt, halálos áldozatokat is hátrahagyó cselekménysorozat; a felsorolás továbbá nem lehet teljes az emberiség eddigi történetének legsúlyosabb nukleáris káreseménye, a csernobili atomerőmű katasztrófája nélkül. Ezen, illetve további példákat az értekezés I., illetve III. fejezetében részletesen ismertetek.

Összességében megállapítható tehát, hogy nem csupán teoretikus fenyegetésről van szó, hiszen a múltban történt, valós CBRN események intő példaként szolgálnak a jövőben

⁴ The International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies 2020

⁵ World Health Organization 2025

esetlegesen bekövetkező tragédiák vonatkozásában. Ezen eseményekre fel kell készülni, amelyből nem maradhat ki a halottakkal kapcsolatos teendők mikéntjének tisztázása.

Tudományos probléma megfogalmazása

A CBRN káresemények kezelésére és felszámolására vonatkozó szakirodalmi ajánlások, eljárásrendek, legyenek azok hazai vagy nemzetközi megjelenésűek, elsősorban az adott katasztrófában érintett élő személyek egészségügyi ellátását taglalják. Természetesen az életmentésnél nem lehet fontosabb prioritás egy egészségügyi válságscenárióban, azonban a halottakkal kapcsolatos feladatok negligálása sem elfogadható, különös tekintettel arra, hogy CBRN eseményben a holttest maga, illetve személyes tárgyai, ruházata is szennyezett lehet, további disszeminációs lehetőséget teremtve a nem megfelelő óvintézkedések mellett megvalósuló post mortem műveletekkel. Kutatásaim kiindulási időpontjában, 2018-ban azzal a tudományos problémával szembesültem, hogy Magyarországon gyakorlatilag nincs elérhető, magyar nyelvű eljárásrend a CBRN halottkezelés vonatkozásában. Amennyiben megfontoljuk, hogy hány szereplő lehet érintett az elhunytak szállításában, tárolásában, a definitív post mortem műveletek kivitelezésében, láthatjuk, hogy nem csupán néhány szakmai mikroközösséget érintő problémáról van szó. További súlytényezőként említhető, hogy a halottkezelésben potenciálisan érintett szervezetek (például Országos Mentőszolgálat, Rendőrség, egészségügyi szervezet klinikai és diagnosztikai osztályai) az adott katasztrófa felszámolása szempontjából többnyire esszenciális beavatkozóknak számítanak, akiknek a szennyeződése, fertőződése és következményes kiesése, például az elégtelen óvintézkedések következtében, az incidens további eszkalációjához vezethet.

A nemzetközi szakirodalomban fellelhető CBRN halottkezelési példák tanulmányozásakor további tudományos problémák merültek fel. Ezek egyike, hogy hogyan ültethető át valamely gyakorlat, még ha szakmailag korrekt és alátámasztott is, amennyiben sem infrastrukturális sem tárgyi feltételek tekintetében nem ekvivalensek a hazai lehetőségek? További tudományos problémát jelentett, hogy a feldolgozott szakirodalmi példák jelentős hányada, részben a legtöbb országban évtizedek óta csökkenő tendenciát mutató boncolások⁶ következtében, bábukon szimulálta a halottkezelés sajátosságait. Ezen esetekben nyilván fölmerül

⁶ Loughrey-McCluggage-Toner 2000; Hamza 2017

a kérdés, hogy az adott ajánlások valóban megállják-e a helyüket éles helyzetben, illetve mennyiben módosulhatnak az eredmények, ha valódi elhunytakon próbáljuk elemezni a post mortem műveleteket. Mint azt az I. fejezetben részletesen kifejttem, a korábbi halálos CBRN katasztrófák kapcsán elérhető néhány esetben kórboncolásra vonatkozó információk, azonban ezek többsége, feltételezhetően a definitív eljárásrendek hiányából fakadóan, az adott szituációkhoz igazított, ad hoc jellegű műveletek voltak, amelyek mindazonáltal értékes részinformációkat tartalmaznak.

A már rendelkezésre álló példák elemzésén túl újabb tudományos problémát jelentett, hogy egy adott incidens felszámolásában CBRN védelem szempontjából elengedhetetlennek tartott intézkedések, elsősorban a dekontamináció, miként integrálható a post mortem műveletek sorába úgy, hogy nyomozati, áldozatazonosítási információvesztés ne történjen, másként fogalmazva a biztonsági és egyéb, specifikus szakmai érdekek potenciális ütközése miként oldható fel.

A SARS-CoV-2 vírus okozta világjárvány megjelenése lehetőséget teremtett arra, hogy az aktívan zajló egészségügyi válsághelyzetben a halottkezelés gyakorlati aspektusai is felszínre kerüljenek. Az éles szituáció nyújtotta kihívások megjelentek például a nagyszámú elhunyt szállításával és tárolásával kapcsolatos logisztikai aspektusokban, a post mortem diagnosztikai célú mintavételek kivitelezésének és kiértékelésének nehézségeiben.

Összességében elmondható, hogy a CBRN elhunytkezelés komplex mivoltából, illetve kevésbé feltárt természetéből fakadóan számtalan tudományos problémát rejt magában, amelyek közül a fent leírtak megválaszolására törekszem az értekezésemben.

Kutatási hipotézisek

Kutatásom során, részben a felvetett tudományos problémák komplexitásából fakadóan, részben az egymásra épülő, elvégzett kísérletek, gyakorlatok tapasztalataiból merítve az alábbi kutatási hipotéziseket állítottam fel:

1. Feltételezem, hogy a múltban lezajlott, halálos áldozatokat követelő vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris katasztrófák komplex egészség- és környezetkárosító hatásának elemzésével, valamint a Magyarországon fellelhető CBRN rizikótényezők azonosításával megteremthető azon tudásbázis, amely a hazai eljárásrendek készítéséhez alapul szolgálhat.

2. Feltételezem, hogy a CBRN áldozatkezelés infrastrukturális, tárgyi és személyi feltételeinek feltárásával és meghatározásával a multidiszciplináris szemléletet követelő, specifikus post mortem eljárások szakmai és biztonsági minimum, valamint optimum szintje definiálható, amely lehetővé teszi a műveletek tervezését és megalapozza a biztonságos végrehajtást.
3. Feltételezem, hogy a SARS-CoV-2 pandémia tapasztalatait, gyakorlati kihívásait elemezve és összegezve elsősorban a biológiai, illetve némely aspektus vonatkozásában a további veszélyes ágensek elleni védekezés sajátosságai, az intézkedések javítandó pontjai feltárhatók, valamint a post mortem eljárásokból gyűjtött ismeretek szintézisével újabb megvilágításba helyezhető az egyes ágensek jelentette fenyegetettség.
4. Feltételezem, hogy a CBRN környezetben végzendő post mortem vizsgálati műveletek kísérletes analízisével, bonctermi gyakorlat formájában történő megvalósításával igazolható az egyes eljárások végrehajthatósága, illetve a tapasztalatokból felépíthető a vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris katasztrófák esetében ajánlható halottkezelési algoritmus.

Kutatási célok

A felállított hipotézisek igazolása vagy elvetése érdekében kutatási céljaimat az alábbiak szerint jelöltem ki:

- 1.1. Történeti esettanulmányok elemzése: A múltban bekövetkezett, halálos áldozatokat követelő CBRN katasztrófák részletes analízise, különös tekintettel azok egészségügyi és környezeti hatásaira. Ennek célja a kockázati mintázatok, potenciális következmények, valamint a beavatkozási hibák és sikerek azonosítása.
- 1.2. Hazai CBRN rizikótényezők feltérképezése: Magyarország földrajzi, ipari, közlekedési, és egészségügyi adottságainak, kockázati pontjainak és tényezőinek feltárása és kategorizálása, az elhunytak kezelése szempontjából releváns pontokra fókuszálva.
- 2.1. A CBRN incidensek kapcsán megjelenő infrastruktúra igények meghatározása: A post mortem műveletek biztonságos kezeléséhez szükséges infrastrukturális elemek azonosítása,

különös tekintettel a boncteremmel szemben támasztható követelményekre izoláció, légzésvédelem vonatkozásában.

- 2.2. A CBRN incidensek kezeléséhez szükséges egyéni védőfelszerelések elemzése: Az áldozatazonosításhoz, elhunytkeléshez nélkülözhetetlen védőfelszerelések bemutatása, tulajdonságaik és limitációik összefoglalása, a bőrvédelemre és légzésvédelemre egyaránt hangsúlyt helyezve.
- 2.3. A post mortem műveletek személyi feltételeivel kapcsolatos kritériumok vizsgálata: Az áldozatazonosításban, kórboncolásban, vagy a halottkezelés egyéb lépéseiben részt vevő, végrehajtó állományra vonatkozó feltételek feltárása és megfogalmazása.
- 3.1. A SARS-CoV-2 vírus okozta világiárvány bonctermi tanulságainak összegzése: A pandémia alatt saját kezűleg végzett, éles körülmények között végrehajtott kórboncolások, post mortem diagnosztikai mintavételek eredményeinek összefoglalása és bemutatása.
- 3.2. A pandémia időszaka alatt megfigyelhető gyakorlati kihívások elemzése: A halottkezelés bonctermen kívüli lépéseiben, mint szállítás, tárolás, bekövetkezett nehézségek analízise és ismertetése.
- 3.3. A SARS-CoV-2 vírus jövőbeni biológiai fegyverként történő alkalmazásának vizsgálata: A post mortem eljárásokból nyert információkat, a járványkezelés további tapasztalatait, valamint a vírus tulajdonságait alapul véve a kórokozó elemzése, mint potenciális biológiai fegyver.
- 4.1. Bonctermi gyakorlatok szervezése és végrehajtása: A különböző védőfelszerelések teszteléséhez, a bennük folytatott munkavégzés sajátosságainak felméréséhez bonctermi gyakorlatok megvalósítása, amely egyúttal lehetőséget teremt az egyes műveletek időigényének meghatározására is.
- 4.2. A dekontamináció lehetséges hatásainak vizsgálata in vitro humán bőrön: A legtöbb hivatásos szervezetnél alkalmazott, nedves alapú mentesítés humán bőrre gyakorolt negatív hatásainak feltárása és elemzése in vitro mintákon, különös tekintettel az áldozatazonosításban jelentős tulajdonságokban bekövetkező változásokra.
- 4.3. Holttestkezelési algoritmus kidolgozása CBRN katasztrófahelyzetekre: A kísérletes eredmények alapján olyan gyakorlatban használható útmutató (algoritmus) megalkotása, amely meghatározza a különböző típusú CBRN események során megfontolandó lépéseket.

Kutatási módszerek

A fent vázolt kutatási célok megvalósítása érdekében, a Katonai Műszaki Doktori Iskola követelményeit és előírásait figyelembe véve az alábbi kutatási módszereket alkalmaztam:

1. A kísérletes kutatómunka megalapozásához feldolgoztam és kiértékeltem a releváns hazai és nemzetközi szakirodalmat, valamint elemeztem a Magyarországon hatályos, elhunytkezelésre vonatkozó jogszabályi keretrendszert.
2. 2020-ban a SARS-CoV-2 járvány magyarországi megjelenése előtt bonctermi gyakorlatot terveztem és szerveztem, amelynek során a post mortem műveletekben aktívan részt is vettem. A gyakorlat során szerzett tapasztalatokat a COVID-19 betegségben elhalálozottak kezeléséhez készített eljárásrend ajánlásba integráltam.
3. A Magyar Honvédség Egészségügyi Központ, később, mint jogutód, az Észak-Pesti Centrumkórház – Honvédkórház Patológiai és Kórszövettani Diagnosztikai Osztályán a SARS-CoV-2 vírussal fertőzött elhunytak boncolásával empirikus adatokat gyűjtöttem és elemeztem.
4. A CBRN incidensek esetén folytatandó munkavégzés biztonsági aspektusainak megismerését a szakirodalomban fellelhető információkon túl éles helyzetekben gyűjtött tapasztalattal rendelkező, elismert szakemberekkel folytatott konzultációk során bővítettem.
5. A Nemzeti Áldozataazonosító Szolgálat (DVI Team Hungary) tagjaként aktívan részt vettem a kutatási időszakban megvalósult képzéseken, valamint az azonosítási eljárások CBRN környezetben történő megvalósításáról konzultációt folytattam a különböző szakmai területeket képviselő DVI tagokkal.
6. 2023-ban 30 résztvevővel, 2 fázisban lezajlott bonctermi gyakorlatot szerveztem. Ennek során különböző egyéni védőfelszerelés szetteket teszteltünk interdiszciplináris áldozataazonosítási és kórbonctani műveletek végrehajtása mellett.
7. A nedves alapú dekontaminálás hatásainak feltárásához kísérletsorozatot terveztem, amelynek keretein belül in vitro bőrmintákon elemeztem a vizsgált mentesítőszeresek potenciális károsító képességét.

Értekezés felépítése

Az értekezés bevezetésének következő pontjában, a releváns szakirodalom áttekintése cím alatt bemutatom az elhunytak kezelésére vonatkozó legfontosabb hazai jogi szabályozókat, továbbá röviden ismertetem a CBRN kezelés szempontjából releváns törvényeket, rendeleteket. Összefoglalom továbbá az Interpol Disaster Victim Identification áldozatazonosítási módszerét, kitérve a műveletek főbb fázisaira, metodikájára. Röviden ismertetem a téma szempontjából releváns, nyilvánosan elérhető, CBRN egészségügyi helyzetkezelésre vonatkozó NATO dokumentumokat is.

Az 1. fejezetben elemzem a nemzetközi szakirodalom tükrében a bhopali vegyi katasztrófát; a 21. század első pandémiáját, amely a H1N1 influenza vírushoz köthető biológiai egészségügyi válsághelyezethez vezetett; a goiâniai radiológiai incidenst; illetve a csernobili nukleáris katasztrófa tapasztalatait és következményeit. Ugyanezen fejezetben feltárom a Magyarországon CBRN rizikótényezőként azonosítható földrajzi, ipari, egészségügyi adottságokat, valamint hazai káresemény példaként bemutatom a 2010-es vörösiszap-katasztrófa tanulságait.

A 2. fejezetben ismertetem a kutatásom során azonosított, a CBRN halottkezelés szempontjából fontosnak tartható infrastrukturális elemeket, kitérve a bonctermi izoláció és légtechnika, valamint halotthűtő kapacitás lényeges pontjaira. Ismertetem és elemzem a holttestkezelésben releváns egyéni védőfelszerelések alapvető sajátosságait, a bőrvédelmi és légzésvédelmi tényezőkre egyaránt kitérve. Elemzem továbbá a CBRN incidensek elhunytkezelési műveleteiben érintett szakszeméllyel szemben megfontolandó követelményeket.

A 3. fejezetben bemutatom a SARS-CoV-2 világjárvány kapcsán szerzett halottkezelési tapasztalatokat. Ismertetem a kutatásomhoz kapcsolódó boncolási és mintavételezési eljárásokat, azok eredményeit, továbbá elemzem a pandémia során azonosított gyakorlati kihívásokat, amelyeket szimulált körülmények között nem lehetett volna feltárni. A fejezet utolsó részében megvilágítom, hogy a post mortem vizsgálatokkal nyerhető információk miként segítik az újonnan felbukkanó CBRN ágensek jelentette veszélyt értelmezni, továbbá ismertetem a SARS-CoV-2 vírus potenciális biológiai fegyverként való alkalmasságának vizsgálati eredményeit.

A 4. fejezetben bemutatam a 2023-ban megvalósított kórbonctani és áldozatazonosítási gyakorlat eredményeit és tanulságait. Összefoglalom az elhunytak dekontaminálásával kapcsolatban végzett kísérleteink tapasztalatait. Bemutatom továbbá a kutatásom eredményei alapján javasolható CBRN holttestkezelési algoritmusokat, különböző CBRN scenáriókra.

Értekezésem záró részben összegzem a kutatómunkámat, következtetéseimet, majd megfogalmazom új tudományos eredményeimet. Zárásként eredményeim gyakorlatban történő hasznosítási lehetőségeit és ajánlásaimat mutatom be.

Az értekezés kéziratát 2025. június 10.-én zártam le.

Releváns szakirodalom áttekintése

A halottak, illetve CBRN események egészségügyi kezelésével kapcsolatos fontosabb jogszabályok

Magyarországon, az értekezés témájában releváns jogi szabályozók közül az egyik legfontosabb az 1997. évi CLIV. törvény az egészségügyről, amelynek XII. fejezete taglalja a halottakkal kapcsolatos rendelkezéseket. A 216. paragrafus definiálja a klinikai, az agyhalál, a perinatális halál, valamint a korai vagy középidős magzati halál, mint speciális entitások fogalmát, továbbá általánosságban is meghatározza a halált, mint jelenséget: „amikor a légzés, a keringés és az agyműködés teljes megszűnése miatt a szervezet visszafordíthatatlan felbomlása megindul⁷.” A 217. paragrafus deklarálja, hogy „a halál bekövetkezését halottvizsgálattal kell megállapítani.” Meghatározza továbbá, hogy „a halottvizsgálat minden olyan körülményre kiterjed, amely a halál a) bekövetkezése tényének, b) bekövetkezése módjának (természetes módon bekövetkezett vagy nem természetes halál), c) okának megítéléséhez szükséges.” A törvény értelmében a halál bekövetkeztének tényét mentőtiszt, illetve „külön jogszabály szerinti orvos” állapíthatja meg. Fontos, hogy a halál bekövetkezésének módját és okát „kizárólag kormányrendeletben meghatározott orvos jogosult” megállapítani.

Az egészségügyi törvény 218. paragrafusa további kiemelt jelentőségű fogalmat definiál: „(1) Nem természetes a halál, ha a természetes módon való bekövetkezését a

⁷ 1997. évi CLIV. törvény az egészségügyről

körülmények kétségesse teszik, így a) a halál tekintetében bűncselekményre utaló adat merül fel, vagy b) rendkívüli halálnak minősül, azaz ba) a halált baleset okozta, vagy a körülmények arra utalnak, bb) a halált öngyilkosság okozta, vagy a körülmények arra utalnak, bc) a halál bekövetkezésének előzményei, körülményei ismeretlenek és nem állnak rendelkezésre olyan adatok, amelyekből megalapozottan következtetni lehet a halál természetes okból történő bekövetkeztére, bd) fogvatartott elhalálozása esetén.” Kutatási témám szempontjából szintén releváns, hogy „(2) A személyazonosság megállapításáig a rendkívüli halál esetén követendő eljárást kell alkalmazni, ha az elhunyt személyazonossága ismeretlen.” A paragrafus további bekezdéseiben megállapításra kerül, hogy „(3) Ha a halál oka és körülményei vizsgálatánál bűncselekmény gyanúja merül fel, a büntetőeljárás szabályai szerint igazságügyi orvosi boncolást kell elrendelni. (4) Rendkívüli halál esetén rendkívüli halállal kapcsolatos hatósági eljárást kell lefolytatni, kormányrendeletben meghatározottak szerint hatósági boncolást kell elrendelni. (5) A hatósági vagy igazságügyi orvosi boncolás célja a halál okának, bekövetkezése körülményeinek tisztázása.” A jogszabály meghatározásait a kutatási témám szempontjából értelmezve elmondható, hogy amennyiben olyan halálos áldozatot követelő, veszélyes CBRN ágenszt felvonultató eseménnyel állunk szemben, ahol bűncselekmény gyanúja merül fel, igazságügyi orvosi boncolás keretein belül kell a halálozás okát és bekövetkezésének körülményeit tisztázni. Amennyiben balesetről, öngyilkosságról, ismeretlen személyazonosságú elhunytól van szó, vagy a halálozás bekövetkeztének előzményeiről nem áll rendelkezésre elegendő adat, ami megalapozná a természetes halálteki folyamatsor felállítását, hatósági eljárás keretében hatósági boncolás elrendelésére kerülhet sor. A CBRN események, illetve okozók mibenlétét megfontolva arra a következtetésre juthatunk, hogy természetes halálteki folyamat gyakorlatilag csak biológiai ágensek esetében fordulhat elő, természetes eredetű járványok vagy sporadikus esetként jelentkező fertőző betegségek formájában, hiszen halált okozó vegyi anyag vagy radioizotóp jelenléte a szervezetben nem fordulhat elő megelőző, természetesként értelmezhető külső behatás nélkül. Értelemszerűen a fertőző betegségek megjelenése is kötődhet balesethez (például laboratóriumi tűszúrásos expozíció), szándékos cselekményhez (például bioterrorizmus), amely esetekben szintén hatósági vagy igazságügyi boncolás válhat szükségessé.

A jogszabály 219. paragrafusa megállapítja, hogy „(1) Az elhunyt személyt – függetlenül attól, hogy fekvőbeteg-gyógyintézetben vagy azon kívül hunyt el – kórbonctani vizsgálat alá kell vonni, ha a) a halál oka klinikai vizsgálatokkal nem volt megállapítható, b) perinatális halál esetén, c) az elhunyt szerv- vagy szövetátültetés donora vagy recipiense volt,

d) az elhunyt foglalkozási eredetű megbetegedésben szenvedett, és annak gyanúja merült föl, hogy a halál oka ezzel van összefüggésben, e) az elhunyt szervezetébe újra felhasználható, nagy értékű műszert vagy eszközt ültettek – amennyiben az nem képezi az elhunyt tulajdonát –, kivéve, ha a műszer vagy eszköz jellege nem kívánja meg az elhunyt kórbonctani vizsgálatát, f) az esetnek tudományos vagy oktatási jelentősége van, g) az elhunytat hamvasztani kívánják, kivéve a (3) bekezdés szerinti rendelkezéseket, h) a 16. § (1)–(2) bekezdése szerinti személy ezt kéri.” Láthatjuk tehát, hogy bizonyos esetekben természetes halálozás mellett is szükségessé válhat kórboncolás lefolytatása. Szintén e paragrafus alatt találhatjuk a kórboncolás mellőzésének kritériumait is: „(2) Az (1) bekezdés szerinti esetek kivételével az elhunyt személy kórbonctani vizsgálatától el lehet tekinteni az alábbi feltételek együttes fennállása esetén: a) a halál természetes eredetű, b) a halál oka egyértelműen megállapítható, c) a kórbonctani vizsgálatától további lényeges megállapítás nem várható, d) fekvőbeteg-gyógyintézetben elhunyt esetén a kezelőorvos és a patológus szakorvos, fekvőbeteg-gyógyintézetben kívül elhunyt esetén a kezelőorvos a kórbonctani vizsgálatot nem tartja szükségesnek. (3) A kórbonctani vizsgálat elvégzésétől a (2) bekezdés szerinti feltételek fennállása esetén – külön jogszabályban foglaltaknak megfelelően – el lehet tekinteni az (1) bekezdés f)–g) pontjaiban meghatározott esetben is, ha az elhunyt még életében vagy hozzátartozója a halált követően írásban kérte a kórbonctani vizsgálat mellőzését. Nem mellőzhető a kórbonctani vizsgálat, ha az elhunyt még életében vagy a halált követően a hozzátartozó azt írásban kérte.” A kórboncolás mellőzésének szabályozását értelmezve elmondható, hogy a kórboncolás elvégzése az „alapértelmezett” művelet, amelynek végrehajtásától speciális körülmények együttes fennállása esetén lehet eltekinteni; más országok gyakorlatától eltérően tehát Magyarországon az elhunyt hozzátartozójának nem kell engedélyeznie a boncolást, illetve tiltakozása önmagában nem elegendő ahhoz, hogy a boncolást ne kelljen elvégezni. Részben ezen szabályozási rendszer következménye, hogy a világszerte tendenciózan csökkenő boncolási esetszámok⁸ mellett Magyarországon továbbra is a legtöbb autopsziát végző patológiai, illetve igazságügyi orvostani egészségügyi szolgáltatónál relatíve magas boncolási arányokat találhatunk.

Az egészségügyi törvény 220. paragrafusa szabályozza a szerv és szövetvizsgálat lehetőségeit: „Kórbonctani vizsgálat, hatósági vagy igazságügyi orvosi boncolás során szerv, illetve szövet a) a halál alapjául szolgáló betegség, a halál közvetlen okának, továbbá a halál körülményeinek megállapítása, vagy b) amennyiben ellene az elhunyt életében nem tiltakozott,

⁸ Loughrey-McCluggage-Toner 2000; Hamza 2017

oktatás és kutatás, egyéb gyógyító célú felhasználás, valamint a 211. § (1) bekezdés szerinti eljárás érdekében távolítható el. (2) Fogva tartott személy holttestéből szerv vagy szövet nem távolítható el, kivéve, ha az a halál okának és körülményeinek megállapítása érdekében történik, illetőleg tudományos célt szolgál. (3) Az átültetés kivételével egyéb gyógyító célú felhasználás érdekében történő szerv vagy szövet kivételével járó költségek megtérítését a fekvőbeteg-gyógyintézet kérheti a szervet vagy szövetet felhasználótól.” A halottkezelés szempontjából kiemelt jelentőségű továbbá, hogy „(4) A kórbonctani, illetve a hatósági vagy igazságügyi orvosi boncolás elvégzése után a holttestet a kegyeleti szempontok figyelembevételével helyre kell állítani.”

Az egészségügyi törvényben foglaltak mellett kutatási témám szempontjából a 351/2013. (X. 4.) Kormányrendelet a halottvizsgálatról és a halottakkal kapcsolatos eljárásról megnevezésű jogszabály ismerete is nélkülözhetetlen. A rendelet értelmező rendelkezései között lelhetjük fel a halottvizsgálat meghatározását, amely alapján ide tartozik: „a halál tényének és idejének megállapítása, a halottszemle, a kórbonctani vizsgálat, a hatósági és igazságügyi boncolás, valamint ezek eredményének megállapítása⁹.” A jogszabályban részletesen bemutatásra kerülnek a helyszíni halottvizsgálatra vonatkozó általános szabályok, úgymint mely helyszíni típus esetén (például közterületen, járműben történő szállítás közben bekövetkezett elhalálozás stb.) kit szükséges értesíteni és milyen időintervallumokon belül a helyszíni halottvizsgálat lefolytatásához, a halál bekövetkeztének megállapításához. A rendelet részletesen szabályozza továbbá a rendkívüli halállal kapcsolatos hatósági eljárás kérdéseit. Ezek közül kiemelendő, hogy a rendelet a 17. paragrafuson belül lehetőséget teremt a hatósági boncolástól való eltekintéstől: „(2) Ha a halál oka boncolás nélkül is megállapítható és bűncselekményre utaló adatok nincsenek, az egészségügyi adatok ismeretében a szakértő javasolhatja, hogy a hatóság a boncolástól tekintszen el. Ha a hatóság ennek figyelembevételével a boncolás elvégzésére utasítja, azt a szakértő köteles elvégezni.” Áldozatazonosítás vonatkozásában szükséges továbbá idézni a rendelet azon részét, amely nem sokkal a Hableány nevű hajó dunai katasztrófáját¹⁰ követően került a jogszabály bekezdései közé: „(2a) Több ember halálát okozó tömegszerencsétlenség, illetve természeti katasztrófa esetén a hatóság a boncolástól eltekinthet, ha a szakértő nyilatkozata alapján a halál oka egyértelműen megállapítható, és a boncolás mellőzése az eljárás érdekeit nem sérti, így különösen, ha az áldozatok azonosítására az eljárás során az Interpol Disaster Victim Identification protokollja

⁹ 351/2013. (X. 4.) Korm. rendelet a halottvizsgálatról és a halottakkal kapcsolatos eljárásról

¹⁰ MTI, M1, hirado.hu (2019)

szerint kerül sor.” A CBRN halottkezelés vonatkozásában kiemelt jelentőségű, hogy a hatósági boncolás esetében a 18. paragrafus maximális végrehajtási időintervallumot jelöl meg: „(3) A hatósági boncolást az elrendelésétől számított 5 munkanapon belül el kell végezni.” Szintén fontos megemlíteni a 20. paragrafus előírásait, amely szerint a hatósági boncolás alkalmával: „(1) Szövetteni vizsgálat céljára mintát kell biztosítani a halálokot jelentő eltérésekből, a sérülésekből, valamint az agyból, szívből, tüdőből, májból és veséből. Nem kell mintát biztosítani, ha ezen minták vizsgálata az elhunyt tetemének állapota miatt eredményre nem vezetne.” Átgondolásra érdemes, hogy belső veszélyes ágens kontamináció esetében a rendeletben előírt mintavételezés milyen laboratóriumi feldolgozási nehézségekhez vezethet.

A 351/2013. Korm. rendelet 22. paragrafusában találhatjuk meg azon vizsgálati eljárások sorát, amelyet a jogszabály ismeretlen személyazonosságú elhunytak esetében az azonosság feltárása érdekében előír: „(3) Ismeretlen személyazonosságú elhunyt esetén a hatóság döntése szerint a) daktiloszkópiái, b) szuperimpozíciós, c) röntgen, d) antropológiai, e) igazságügyi fogorvosi vagy f) igazságügyi genetikai vizsgálatot kell elrendelni.” Az Interpol Disaster Victim Identification áldozatazonosítási eljárásának bemutatásakor a felsorolt vizsgálatokat röviden jellemzem és bemutatom. A rendelet 23. paragrafusa ismerteti a boncolás alatt alkalmazandó adminisztratív teendőket: „(1) A boncolásról a boncolás tartama alatt folyamatosan jegyzőkönyvet kell vezetni, amely tartalmazza a) a boncolás helyét és idejét, b) a boncolást elrendelő hatóság megnevezését, c) a boncoláson részt vevő személyek nevét, munkahelyét és beosztását, d) a halottra vonatkozó adatokat, e) a külvizsgálat eredményét, a holttest, a ruházat és a ruházatban talált tárgyak leírását, f) a külsérelmi nyomok leírását, g) az észlelt belső elváltozások, kóros állapotok pontos megjelölését, vagy a belső elváltozások, kóros állapotok hiányát, h) a további vizsgálat elvégzése érdekében vagy orvosi célokra a holttestből eltávolított részek és egyéb vizsgálati anyagok pontos megjelölését, valamint annak feltüntetését, hogy a holttestrészeket vagy a vizsgálati anyagot hova továbbították. (2) A boncolás megkezdése előtt fénykép- vagy videofelvételt kell készíteni a holttestről.”

Értekezésem vonatkozásában a következő releváns jogszabály részlet a 27. paragrafus alatt található, amely az igazságügyi boncolások esetére határoz meg időintervallum követelményt: „(1) Soronkívüliség kivételével az igazságügyi boncolást az elrendelésétől számított 3 napon belül kell elvégezni. (1a) Az igazságügyi boncolás során a 17. § (2a) bekezdését azzal az eltéréssel kell alkalmazni, hogy a) a halál okának az egyértelműsége tekintetében a két boncolásra jogosult igazságügyi orvosszakértő együttes nyilatkozata szükséges, illetve b) a kirendelő szerv elrendelheti más, a holttest boncolásával nem járó – így

különösen radiológiai vagy más képalkotó – vizsgálat elvégzését.” A rendelet nem definiál olyan lehetőséget, amely alapján igazságügyi boncolástól el lehetne tekinteni.

A kormányrendelet IV. fejezete a kórbonctani vizsgálatok kereteit fekteti le. A jogszabályban lehetjük fel a kórbonctani vizsgálat kezdeményezésére jogosultak listáját, a kórbonctani vizsgálat lefolytatásának mikéntjét, a vizsgálat félbeszakítására kötelező körülményeket. Kiemelendő a 33. paragrafus, amely megállapítja: „A kórbonctani vizsgálatot – ha a boncolással elérendő cél így is teljesíthető – a halálát közvetlenül megelőzően fertőző betegségben nem szenvedő személy ilyen tartalmú írásbeli rendelkezése esetén, a vizsgálatok költségeinek egészségügyi intézmény felé történő megfizetése esetén képalkotó eljárásokkal, valamint aspirációval nyert mikroszkópos sejtvizsgálattal is el lehet végezni.”

Azt, hogy a fent ismertetett post mortem, illetve a szövettani vizsgálatok vonatkozásában potenciálisan ante mortem vizsgálati kötelezettségeket milyen szakmai minimumok mentén lehet elvégezni, jogi szabályozási szinten a 60/2003. (X. 20.) ESzCsM rendeletről tudhatjuk meg. A jogszabály 2. mellékletében részletesen felsorolásra kerülnek a patológia és kórsvettan, valamint igazságügyi orvostan diszciplinájához tartozó tevékenységek progresszivitási szintekkel árnyalt infrastrukturális, eszközös és személyi minimumfeltételei¹¹.

A kutatási témához szorosan kapcsolódó hazai jogszabályok közül meg kell említeni a temetőkről és a temetkezésről szóló 1999. évi XLIII. törvényt. Érdemes ennek első bekezdését szó szerint idézni: „(1) A tisztességes és méltó temetés, valamint a halottak nyughelye előtt a tiszteletadás joga mindenkit megillet¹².” A jogszabály értelmező rendelkezései alatt megtalálhatjuk többek között a temető, köztemető, temetkezési hely definícióit. A törvény II. fejezete ismerteti a temetőkre vonatkozó általános szabályokat, meghatározza a temető létesítésének, lezárásának, megszüntetésének, újra-használatbavételének, fenntartásának és üzemeltetésének feltételeit. A törvény külön rendelkezik a temetés folyamatáról, amelyek közül kiemelendő a 19. paragrafus: „(1) Az eltemetés módja szerint a temetés hamvasztással vagy hamvasztás nélkül történik. (2) Az eltemetés módjára és helyére nézve az elhunyt életében tett rendelkezése az irányadó, amennyiben ez nem ró az eltemettető személyre aránytalanul nagy terhet. (3) Az elhunyt életében tett rendelkezése hiányában az eltemetés módját és helyét az határozza meg, aki a temetésről gondoskodik, vagy arra köteles lenne, de a temetésről más szerv

¹¹ 60/2003. (X. 20.) ESzCsM rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtásához szükséges szakmai minimumfeltételekről

¹² 1999. évi XLIII. törvény a temetőkről és a temetkezésről

vagy személy úgy gondoskodik, mintha az elhunyt saját halottja volna. (4) Ha a temetésről több személy gondoskodik és közöttük az eltemetés módja tekintetében nincs megegyezés, a temetés csak elhamvasztás nélkül történhet.” Érdeemes még kiemelni a jogszabály halotyszállításra vonatkozó 35. paragrafusát: „(1) Holttestet szállítani kizárólag a közegészségügyi és a járványügyi szabályokat és az alapvető kegyeleti feltételeket kielégítő, erre a célra kialakított járműben, fedéllel ellátott koporsóban (szállítókoporsóban) lehet. (2) Rendkívüli halálesetekkel összefüggő halotyszállításról külön jogszabály rendelkezik. (3) Holttestet temető, temetkezési emlékhely és hamvasztóüzem ingatlanán kívül halotyszállító autóban március 1. és szeptember 30. között vagy 90 percnél hosszabb idejű szállítás esetében legfeljebb +18 °C-on lehet szállítani.”

A temetőkről és temetkezésről szóló törvény mellett szükséges annak végrehajtási rendeletének néhány pontjáról is beszámolni. Ezek közül a kutatási témámhoz kapcsolódóan kiemelendő a temetés feltételeire vonatkozó 24. paragrafus első két bekezdése: „(1) A halottat koporsós temetés esetén – ha jogszabály másként nem rendelkezik – a halottvizsgálati bizonyítvány kiállításától számított 96 órán belül, ha a holttest folyamatos hűtése biztosított, 15 napon belül el kell temetni, kivéve a) ha a halottvizsgálatot végző orvos vagy az ügyben eljáró hatóság ettől eltérő engedélyt adott, b) * c) ha a holttestnek az eltemetésig történő hűtése folyamatosan biztosított, és az eltemettető kérelmére a temetés helye szerint illetékes népegészségügyi feladatkörében eljáró járási hivatal 15 napon túli koporsós temetést engedélyez. (1a) Az (1) bekezdés c) pontja szerinti esetben a népegészségügyi feladatkörében eljáró járási hivatal engedélye legfeljebb a halottvizsgálati bizonyítvány kiállításától számított 45. napig szólhat. (2) A halottat – hamvasztásos temetés esetén – a halottvizsgálati bizonyítvány kiállításától számított 15 napon belül el kell hamvasztani. A holttestet a hamvasztásig hűteni kell¹³.”

A katasztrófák, CBRN események egészségügyi kezelésében releváns jogi keretrendszer fontosabb elemeinek áttekintése előtt, témám szempontjából mintegy átmenetet képző szabályozóként meg kell emlékezni a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény VI. fejezetének egy vonatkozó bekezdéséről. A törvény 52. paragrafusának h, pontja alapján polgári védelmi feladat: „a kárterület felderítése, a mentés, az elsősegélynyújtás, a mentesítés és a fertőtlenítés, és az ezekkel összefüggő ideiglenes helyreállítás, továbbá a halálos áldozatokkal kapcsolatos

¹³ 145/1999. (X. 1.) Korm. rendelet a temetőkről és a temetkezésről szóló 1999. évi XLIII. törvény végrehajtásáról

halaszthatatlan intézkedések¹⁴”. A jogszabály a továbbiakban nem részletezi, mi minősülhet „halaszthatatlan intézkedésnek” a halottkezelés vonatkozásában. Megfontolandó ugyanakkor, hogy amennyiben adott káreseményben valóban polgári védelmi erők mozgósítására kerül sor a mentesítéshez, fertőtlenítéshez, illetve a halottakkal kapcsolatos sürgős teendők rendezéséhez, mi módon jelenik meg a holttestkezelés helyes műveletsora a polgári védelmi belső szabályozókban, eljárásrendekben.

A vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris incidensek egészségügyi kezeléséhez kapcsolódóan fontos megállapításokat lelhetünk fel a már többször idézett egészségügyi törvényben. A CBRN veszélyek környezet- és település egészségügyi vonatkozásában a 46. paragrafus deklarálja: „A talajt, a vizeket és a levegőt nem szabad fertőzni, illetőleg olyan mértékben szennyezni, amely közvetlenül vagy közvetve az ember egészségét veszélyezteti.”¹⁵ Szintén kiemelendők a 47. paragrafus megállapításai: „(1) Az emberi egészséget is veszélyeztető anyagot, készítményt (a továbbiakban: veszélyes anyag) előállítani, külföldről behozni, forgalomba hozni, szállítani, tárolni, felhasználni, továbbá maradékait, hulladékait feldolgozni, illetve véglegesen elhelyezni a kémiai biztonságot szabályozó jogszabályok követelményeivel és előírásaival összhangban szabad. (2) Az (1) bekezdés szerinti tevékenység az egészségügyi államigazgatási szerv előzetes engedélyéhez köthető. (3) Az emberi egészség védelme érdekében elrendelhető egyes veszélyes anyagok kötelező bejelentése és nyilvántartásba vétele. (4) Egészségkárosodás vagy annak alapos gyanúja esetén az egészségügyi államigazgatási szerv a veszélyes anyaggal kapcsolatos tevékenységet felfüggesztheti, illetve a veszélyes anyag használatát megtilthatja.” Az első idézett bekezdés hivatkozása kapcsán meg kell emlékezni a kémiai biztonságról szóló 2000. évi XXV. törvényről is, hiszen az említett jogszabály „hatálya az embert és a környezetet veszélyeztető veszélyes anyagokra és veszélyes keverékekre, és az ezekkel folytatott tevékenységekre terjed ki”¹⁶. A törvény szabályozza a veszélyes anyagok bejelentését, szállítását és tárolását, veszélyes anyagokkal, veszélyes keverékekkel végzett tevékenység feltételeit, illetve a kockázat kezelés részeként az egészségvédelem, munkavédelem és környezetvédelem egyes vonatkozó kérdéseit.

A biológiai jellegű veszélyek egészségügyi kezelését érintően újfent szükséges az egészségügyi törvény releváns pontjait idézni. A járványügy cím alatt számos fontos

¹⁴ 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról

¹⁵ 1997. évi CLIV. törvény az egészségügyről

¹⁶ 2000. évi XXV. törvény a kémiai biztonságról

szabályozás található, kezdésként például az 56. paragrafusban definícióként: „(1) A járványügyi tevékenység célja a fertőző megbetegedések, a járványok megelőzése és leküzdése, valamint az emberi szervezet fertőző betegségekkel szembeni ellenállóképességének fokozása.¹⁷” A törvény többek között szabályozza a védőoltások kérdéseit, a járványügyi érdekből végzett szűrővizsgálatokat, a fertőző betegek bejelentését, a fertőző betegségekre vonatkozó kötelező orvosi vizsgálat rendjét, a járványügyi elkülönítés, megfigyelés és zárlat kérdéseit, a hatósági házi karantént, a járványügyi ellenőrzést. Meghatározza továbbá a járványügyi intézkedés végrehajtása érdekében történő személyfelkutatást, a fertőző betegek szállítását, a fertőtlenítés rendjét. Kutatási témám szempontjából megkerülhetetlen továbbá a 18/1998. (VI. 3.) NM rendelet a fertőző betegségek és a járványok megelőzése érdekében szükséges járványügyi intézkedésekről, mivel ezen jogszabályban post mortem vizsgálati kötelezettségek is leírásra kerültek. A rendelet által szabályozott kérdések nagyrészt átfednek az egészségügyi törvény járványügyi szekciójában foglaltakkal¹⁸. A jogszabály az 1. sz. mellékletben néhány kórokozó esetében (például *Bacillus anthracis*, prion) előír post mortem vizsgálati műveleteket, azonban ezek megvalósításának mikéntjéről kérdéseket felvető módon fogalmaz. *Bacillus anthracis* esetében például deklarálja: „Ha valamilyen ok miatt a beteg életében a laboratóriumi vizsgálat nem történhetett meg, boncolási anyag (lép, esetleg egyéb szervek) küldendő be laboratóriumi vizsgálatra csiszolt üveg dugós porüvegben. A mintavételkor viselt egyszer használatos gumikesztyűt és egyéb mintavételi, illetve védelmi eszközöket el kell égetni. Bioterror-esemény vagy közös terjesztő közeg (pl. intravénásan beadható drog) gyanúja esetén az azzal epidemiológiai kapcsolatban lévő betegtől származó klinikai mintákat és az eseményhez kapcsolódó környezeti mintákat haladéktalanul, futárral kell küldeni az NNGYK referencia laboratóriumába.” Kérdéses például, hogy a védelmi eszköznek számító, több százezer forint értékű motoros levegőrásegítőt is el kell-e égetni, hogyha használtuk saját légzésvédelmi biztonságunk érdekében, illetve, hogy ki fogja vállalni egy kórházi épület mentesítését, hogyha a magas aeroszol képződési kockázattal végrehajtott boncolást befejeztük elégtelen légtechnikájú boncteremben. Bár a melléklet alapján anthraxos beteg elkülönítése nem szükséges, mivel klasszikus értelemben a betegség emberről emberre nem terjed, boncolás során a megváltozott körülmények, illetve a kórokozóban gazdag szövetek közvetlen manipulálása, aeroszolizálása során ez már nem feltétlenül igaz. A rendeletben másutt, például vírusos haemorrhagiás lázak esetében megjelenik, hogy: „A beteg halála esetén a

¹⁷ 1997. évi CLIV. törvény az egészségügyről

¹⁸ 18/1998. (VI. 3.) NM rendelet a fertőző betegségek és a járványok megelőzése érdekében szükséges járványügyi intézkedésekről

holttesttel való kontaktust minimálisra kell csökkenteni. Boncolás esetén speciális biztonsági rendszabályokat kell alkalmazni.”, azonban a speciális rendszabályok mibenléte nem kerül a későbbiekben részletes tisztázásra. Annak tükrében, hogy Magyarország Alaptörvényének XVII. cikkének (3) bekezdése alapján “Minden munkavállalónak joga van az egészségét, biztonságát és méltóságát tiszteletben tartó munkafeltételekhez.¹⁹” némiképp szerencsétlen, hogy a jogszabály post mortem feladatot előír ugyan, de az annak biztonságos végrehajtásához szükséges kritériumokat nem rendeli hozzá.

A radiológiai és nukleáris események egészségügyi vonatkozásainak megismeréséhez ismét vissza kell térni az egészségügyi törvény kapcsolódó pontjaihoz. A sugáregészségügy cím alatt deklaráltak szintén kapcsolódnak kutatási témákhoz. Az 51. paragrafusban például fontos meghatározásokat találhatunk: „(1) A sugáregészségügy feladata az ionizáló sugárzás társadalom számára elfogadható kockázattal járó alkalmazása érdekében: a) a sugárzás tulajdonságainak és az élő anyaggal való kölcsönhatásának tanulmányozása, b) az emberre gyakorolt sugárhatás vizsgálata és a káros hatások következményeinek enyhítése, megfigyelése orvostudományi kutatási, klinikai és epidemiológiai módszerekkel; továbbá c) az ionizáló sugárzás orvosi alkalmazási módszereinek és eszközeinek kidolgozása, alkalmazása. (2) Az atomenergiáról szóló törvény követelményeivel és előírásaival összhangban kell végrehajtani az ionizáló sugárforrások működtetését, meghatározni a túlexpozíciók esetén teendő intézkedéseket, a radioaktív anyagok alkalmazásának, a radioaktív hulladék-kezelés és -tárolás feltételeit. (3) A mesterséges forrásokból származó együttes sugárterhelés nem haladhatja meg a hatóságilag megállapított dózishatárértéket. E korlátozás nem vonatkozik azokra a személyekre, akiknél a sugárterhelés – önkéntes hozzájárulásuk alapján végzett – orvosi diagnosztikai vagy terápiás kezelésükből származik.²⁰” Az 51/A. paragrafus alapján továbbá: „A sugáregészségügy további feladata a nem-ionizáló sugárzás társadalom számára elfogadható kockázattal járó alkalmazása érdekében: a) az emberi sugárterhelés forrásainak megismerése, mértékének felmérése és alakulásának nyomon követése, b) a sugárzás tulajdonságainak és az élő anyaggal való kölcsönhatásának tanulmányozása, c) az emberre gyakorolt sugárhatás vizsgálata megfigyeléses orvostudományi kutatási, klinikai és epidemiológiai módszerekkel, d) a sugárzás ártalmas hatásai elleni védekezés szabályainak, hatékony és gazdaságos eszközeinek és módszereinek a kidolgozása, e) a sugáregészségügyi szempontból biztonságos munka- és életfeltételek kialakításához és fenntartásához szükséges intézkedések meghozatala, és

¹⁹ Magyarország Alaptörvénye (2011. április 25.)

²⁰ 1997. évi CLIV. törvény az egészségügyről

végrehajtásuk ellenőrzése.” Az 52. paragrafus alapján: „(1) Sugárzó anyagot és készítményt előállítani, feldolgozni, forgalomba hozni, szállítani, felhasználni, begyűjteni, tárolni, továbbá sugárzó anyagot tartalmazó hulladékot feldolgozni, szállítani, illetve véglegesen elhelyezni, valamint az ionizáló sugárforrást tartalmazó, illetve ionizáló sugárzást kibocsátó műszereket és berendezéseket gyártani, felhasználni és üzemeltetni csak az arra hatáskörrel és illetékességgel rendelkező hatóság által kiadott engedély birtokában szabad. (2) Fokozott sugárterhelés vagy sugárártalom, továbbá sugárzó anyaggal történt szennyezettség gyanúját az egészségügyi államigazgatási szervnek jelenteni kell. (3) A sugárzó anyaggal szennyezett területet, anyagokat és személyeket a szennyezettségtől mentesíteni kell, illetve a szennyezett anyagok használatát az egészségügyi államigazgatási szerv megtilthatja, vagy a szennyezett anyag ártalmatlanítását, illetve a szennyezett létesítmény lebontását rendelheti el.” Témám szempontjából kiemelten fontos a (3) bekezdés, hiszen előírja a mentesítési kötelezettséget, amely jelen kontextusban a holttestekre is értelmezendő.

Mivel az egészségügyi törvény is hivatkozik rá, fontos kiemelni az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvényt. Ennek 4. paragrafusában meghatározásra kerül: „(1) Atomenergiát csak oly módon szabad alkalmazni, hogy az ne károsítsa a társadalmilag elfogadható – más gazdasági tevékenységek során is szükségszerűen vállalt – kockázati szinten felül az emberi életet, a jelenlegi és a jövő nemzedékek egészségét, életfeltételeit, a környezetet és az anyagi javakat. (2) Az atomenergia alkalmazása során a biztonságnak minden más szemponttal szemben elsőbbsége van. (3) Az atomenergia alkalmazása során biztosítani kell azt, hogy a) ne jöhessen létre ellenőrizetlen és szabályozatlan nukleáris láncreakció; b) * c) a munkavállalóknak és a lakosságnak valamennyi forrásból származó évi sugárterhelése ne haladja meg azt a dózis-határértéket, amelyet az erre vonatkozó biztonsági előírás – a tudomány legújabb, igazolt eredményeinek, a nemzetközi és a hazai szakértői szervezetek ajánlásainak figyelembevételével – meghatároz; a sugárterhelést mindenkor az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szintre kell csökkenteni, és ennek megfelelően kell szabályozni a környezetbe kibocsátható radioaktív anyagok – fizikai és kémiai vagy más jellemzők szerint meghatározott – maximális mennyiségét, koncentrációját és a kibocsátás módját; d) a rendkívüli esemény bekövetkezésének kockázata csökkenjen, kialakulása megelőzhető, következménye tervszerűen elhárítható, az esetleg kiszabaduló radioaktív anyag és ionizáló sugárzás káros hatása az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szintre csökkenthető legyen.²¹” Szintén releváns módon kapcsolódnak a 4/A. paragrafusban foglaltak: „Alapvető biztonsági célkitűzés az ember

²¹ 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról

és a környezet védelme az ionizáló sugárzás káros hatásaival szemben, ennek elérése érdekében a) a kormányzat hatékony jogi szabályozást készít elő, valamint független, az atomenergia békés célú felhasználását felügyelő szervet vagy szerveket hoz létre és tart fenn; b) mind a biztonságot felügyelő szervek, mind a kockázattal járó tevékenységet végző szervezetek az alapvető biztonsági célkitűzés iránt elkötelezett vezetést és hatékony irányítási rendszert hoznak létre és tartanak fenn; c) a biztonságért való elsődleges felelősség azt a személyt vagy szervezetet terheli, aki, vagy amely a sugárzásból eredő kockázat növekedését okozó létesítmény vagy tevékenység engedélyese; d) az atomenergia alkalmazása csak azzal a szándékkal történhet meg, hogy az általa nyújtott társadalmi előnyök nagyobbak legyenek, mint az atomenergiát alkalmazó természetes személyt, az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos tevékenységet végző munkavállalót, a lakosságot, a környezetet és az anyagi javakat fenyegető kockázatok; e) az atomenergia alkalmazója biztosítja az ember és a környezet sugárzástól való ésszerű védelmét a 4. § (1) bekezdése szerint; f) az atomenergia alkalmazója az ésszerűen elérhető legmagasabb szintű biztonságot a 4. § (3) bekezdés c) pontja szerinti biztonsági követelmények betartásával optimalizálja; g) az atomenergia alkalmazója mindent megtesz annak érdekében, hogy egyetlen személy sérülésének kockázata se legyen elfogadható mértéket meghaladó; h) az atomenergia alkalmazója köteles mindent megtenni a nukleáris vagy sugárbalet megelőzése és következményeinek enyhítése érdekében; i) a hatáskörrel rendelkező szervek és az atomenergia alkalmazója felkészül a biztonság és a védettség szempontjából fontos, nukleáris- vagy sugárbiztonságot sértő esemény bekövetkezésére, és a szükséges intézkedések végrehajtására; j) a korábbi fennmaradt vagy a hatósági szabályozás körébe nem tartozó sugárzásból eredő kockázat mérsékelésére hozott védőintézkedéseknek indokoltnak és a kockázattal arányosnak kell lenniük.”

Végezetül mindenképpen meg kell említeni az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 2/2022. (IV. 29.) OAH rendeletet. Ebből a jogszabályból ismerhetjük meg többek között a sugárvédelem követelményeit, kiemelten egyes tevékenységek tiltását, a sugárvédelmi optimalást segítő eszközöket, dóziskorlátokat, sugárvédelmi képzés és továbbképzés követelményeit²².

²² 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről

Az Interpol Disaster Victim Identification áldozatazonosítási módszere

Felismerve az ismeretlen személyazonosságú elhunytak objektív, nemzetközileg elismert szakmai módszerekre épülő azonosítási folyamatának jelentőségét, illetve az erre mutató társadalmi igényt, az Interpol 1984 óta folyamatosan frissített, évek óta szabadon hozzáférhető formában publikálja a Disaster Victim Identification névre keresztelt eljárásrend ajánlását, valamint az ehhez kapcsolódó formanyomtatványokat, függelékeket. A legfrissebb elérhető dokumentum verziót 2023-ban tették nyilvánossá²³. A Disaster Victim Identification (DVI) eljárás egy speciális szemléletű, tudományosan megalapozott módszereket alkalmazó, interdiszciplináris folyamat, amelynek célja a tömeges halálesetek áldozatainak azonosítása. A művelet során nemzetközileg elfogadott standardokat követve, szigorú minőségbiztosítási elvek mentén történik az azonosítás; az eljárás alatt az etikai, kegyeleti szempontok sem maradnak figyelmen kívül. Az Interpol DVI Guide által megfogalmazott ajánlások két fő célcsoportot céloznak meg: egyrészt a katasztrófakezelés stratégiai szintű tervezéséért és szervezéséért felelős döntéshozókat, másrészt az operatív szinten dolgozó végrehajtó szakembereket.

Mivel az Interpol tagállamaiban eltérő jogi és módszertani gyakorlatok érvényesülnek, a protokoll rugalmas alkalmazási lehetőséget biztosít, lehetővé téve, hogy az irányelveket az adott ország hatóságai saját rendszerükbe illesszék. Az útmutató tehát nem merev előírásokat, hanem integrálható ajánlásokat tartalmaz, melyek a nemzeti sajátosságokhoz igazíthatók. Kiemelt jelentőségű továbbá az Interpol támogatása azon tagállamok számára, amelyek nem rendelkeznek önálló DVI csapattal vagy korlátozott tapasztalattal bírnak a halálos tömegszerencsétlenségek során végrehajtandó azonosítási műveletek terén.

A DVI folyamat kiemelt jelentőségű kutatási témám szempontjából, azonban önmagában is összetett műveletsorról van szó. Ebből fakadóan a DVI lépéseit, illetve a standardizált áldozatazonosítási módszereket, részben visszautalva a jogi szabályozókban is ismertetett eljárásokra, a következő bekezdésekben mutatom be, míg az értekezés további fejezeteiben már csak ezen eljárások CBRN környezetben releváns, kutatásomban vizsgált aspektusait fejtem ki.

A DVI eljárás négy, jól elkülöníthető, ugyanakkor a minőségbiztosítási és ellenőrzési mechanizmusok miatt egymásra folyamatosan visszaható, kisebb szakaszokra osztható fázis

²³ Interpol 2023

mentén zajlik, amelyek mindegyikéhez részletes, csekklista-alapú formanyomtatványok (jegyzőkönyvek) tartoznak.

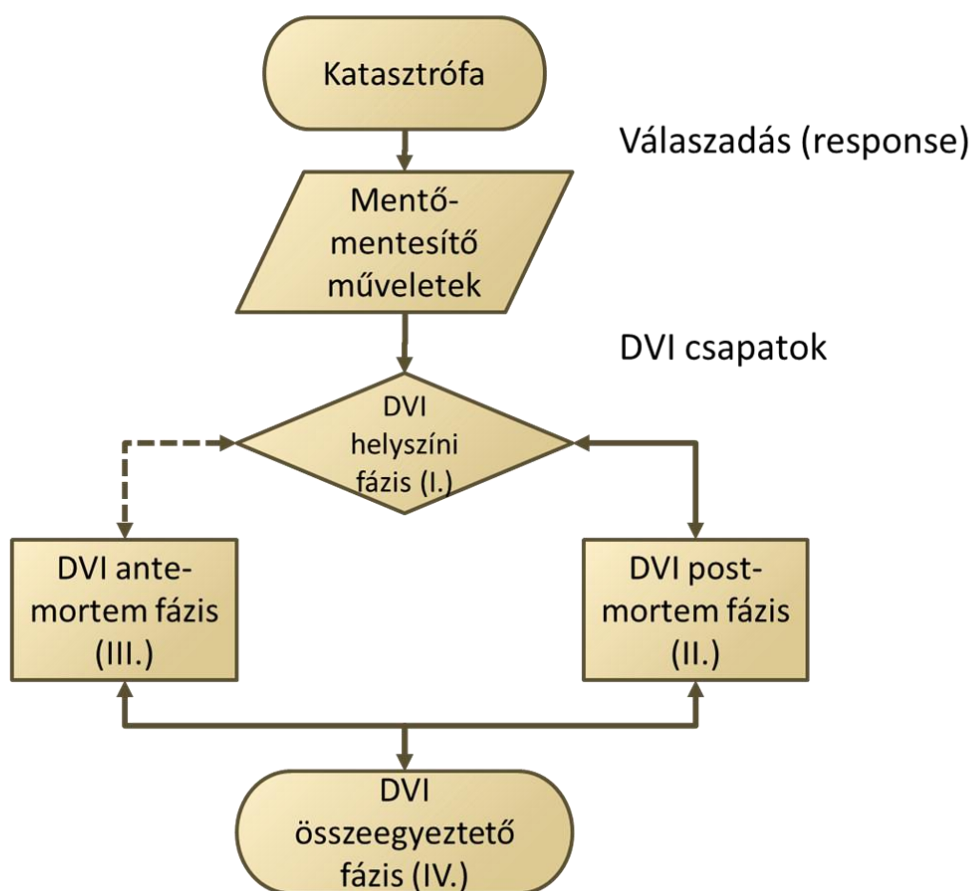
Az első fázis (*Phase 1*) a katasztrófa helyszínén (*scene recovery*) zajlik, több lépésben, inter- és multidiszciplináris együttműködés keretében. A művelet megkezdésére csak a túlélők felkutatását és mentését követően, valamint a terület biztonságossá nyilvánítása után kerülhet sor. A helyszínt szektorokra osztva, szisztematikus átvizsgálás mellett történik meg az elhunytak, emberi maradványok, valamint az azonosítást elősegítő tárgyi bizonyítékok gyűjtése és regisztrációja.

A második fázis (*Phase 2*) a post mortem (PM) vizsgálatok szakasza, amely során a helyszínen begyűjtött maradványokat elemzik az azonosításhoz szükséges információk kinyerése céljából. Az elsődleges azonosítási módszerek közé tartozik a daktiloszkópiai (ujjnyomat-alapú) vizsgálat, az igazságügyi fogorvostani elemzés, valamint a DNS alapú identifikáció. Másodlagos módszereknek minősülnek azok az eljárások, amelyek a DVI Guide-ban megfogalmazott szakmai alapelvek alapján önmagukban nem alkalmasak kétséget kizáró személyazonosításra, de támogató információkat szolgáltatnak. Ide sorolhatók például a külvizsgálat során dokumentált tetoválások, a boncolási eredmények, igazságügyi antropológiai megállapítások.

A harmadik fázis (*Phase 3*), amely gyakran párhuzamosan történik a PM vizsgálatokkal, az ante mortem (AM) adatgyűjtés szakasza. Ennek keretében első lépésként listát kell készíteni az adott katasztrófában potenciálisan érintett, eltűntként definiálható személyekről. A következő lépés az AM információk – például orvosi, fogorvosi, genetikai adatok, személyes jellemzők – beszerzése, amely rendszerint személyes interjúk révén történik a hozzátartozók bevonásával.

A negyedik fázis (*Phase 4*) során kerül sor a post mortem és ante mortem adatok összevetésére (*reconciliation*). Az összehasonlíthatóság alapja, hogy a PM és AM formanyomtatványok lényegében ugyanazon kulcspontok mentén rögzítik az adatokat. A rendelkezésre álló információk általában szoftveres rendszerek segítségével kerülnek összehasonlításra, majd manuális ellenőrzést követően születik meg a végleges szakmai döntés az azonosság megállapításáról. Az azonosítás hivatalossá tételére minden esetben az adott ország jogi szabályozásának megfelelően, az arra illetékes hatóság jogosult.

A DVI folyamata



1. sz. ábra: A DVI folyamata (saját szerkesztésű ábra)

A DVI folyamat post mortem fázisában végrehajtott információszerző vizsgálati módszereket röviden érdemes áttekinteni, kiemelten annak tükrében, hogy a 351/2013. Korm. rendelet is külön bekezdésben foglalkozik ezekkel²⁴.

A daktiloszkópiái, azaz az ujjnyomatok alapján történő azonosítási metodika évtizedek óta gold standardként számontartott, a DVI szempontjából primer azonosítási módszer²⁵. Az eljárás tudományos alapját az ujjlenyomatok adott egyénre vonatkoztatható egyedisége, valamint állandósága („*individually unique and permanent*”) biztosítja²⁶. Természetesen sérülések, betegségek befolyásolhatják akár ideiglenesen, akár véglegesen a mintázatot²⁷, azonban ezen változások egy része szoftveres módszerekkel korrigálható, továbbá az adott

²⁴ 351/2013. (X. 4.) Korm. rendelet a halottvizsgálatról és a halottakkal kapcsolatos eljárásról

²⁵ Interpol 2023

²⁶ Petrovic et al. 2024

²⁷ Drahansky et al. 2012

változás, például jellegzetes hegesedés, is szolgálhat összevethető mintázatként. Az ujjlenyomat analízis jelentős előnye, hogy relatíve olcsó eljárásról van szó²⁸, amelyhez széles körben elérhető kormányzati adatbázisok állnak rendelkezésre, amely az ante mortem adatgyűjtést jelentősen könnyíti. A különböző elven működő, digitális ujjnyomat szkennerek elterjedésével a daktiloszkópián alapuló áldozatazonosítás még könnyebben elérhetővé válik²⁹.

Az igazságügyi fogorvostani vizsgálat a DVI Guide alapján szintén elsődleges azonosítási eljárásnak minősül³⁰. A fogak speciális szöveti felépítésükből fakadóan az emberi szervezet legellenállóbb elemei közé tartoznak³¹, amely lehetővé teszi fennmaradásukat például a tetem előrehaladott bomlása, égési sérülése mellett is³². A dentális struktúrák egymáshoz való viszonya, a fogak jellegzetes sérülései (pl. kisebb nagyobb darabok letörése), illetve a fogorvosi tömések, pótlások mintázata, ezek röntgenfelvételen való megjelenése³³ igazságügyi fogorvos szakértő értékelésében, amennyiben rendelkezésre áll megfelelő minőségű ante mortem adat, adekvát információt biztosít az azonosság megállapításához.

A DVI Guide alapján primer azonosítási eljárásnak minősül a DNS analízis is³⁴. A DNS minták elemzésében a DVI post mortem formanyomtatványán is feltüntetett módon alapvető módszernek az úgynevezett STR (rövid tandem ismétlődés, *short tandem repeat*) analízis számít³⁵, de a restrikciós fragment hossz polimorfizmus (RFLP) elemzése is szóba jöhet eljárásként³⁶. Az összehasonlító vizsgálatához szükséges ante mortem DNS származhat elsődleges vérrokontól, biobankban őrzött korábbi mintavétel szövetéből, vagy kizárólagosan használt személyes tárgyról (például fogkefe)³⁷. A módszer hátránya, hogy költséges, illetve magas elhunyt szám esetén robusztus laboratóriumi igényt generálhat.

A szekunder vizsgálati eljárások önmagukban nem szolgáltatnak elég erős evidenciát, hogy az azonosság ténye megállapítást nyerhessen, azonban több másodlagos módszer együttes alkalmazása, kiemelten, ha nem áll rendelkezésre a primer eljárások tekintetében adekvát ante mortem adat, alkalmas lehet az identifikációhoz. A szekundernek minősülő metodikák közül

²⁸ Petrétei 2015

²⁹ Johnson – Riemen 2018

³⁰ Interpol 2023

³¹ Whittaker 1995

³² Berketa – James – Lake 2011

³³ Pittayapat et al. 2012

³⁴ Interpol 2023

³⁵ Hartman et al. 2011

³⁶ Montelius – Lindblom 2012

³⁷ Montelius – Lindblom 2012; Interpol 2023

hármát a 351/2013. Korm. rendelet is felsorol, ezek a szuperimpozíciós vizsgálat, a röntgen vizsgálat, illetve az antropológiai vizsgálat³⁸.

A szuperimpozíciós vizsgálat egy morfológiai összehasonlító módszer, amely során egy ismeretlen koponya képét vetítik rá egy feltételezett eltűnt személyről még életében készült fényképre³⁹. A cél a vizsgálat szempontjából kiemelt és jól értékelhető anatómiai struktúrák – például a szemüreg, az ornyereg és a fogazat – illeszkedésének értékelése⁴⁰. A vizsgálat során digitális képalkotó technológiák és szoftverek segítik a pontosságot, de az eljárás jellegéből fakadóan az főként kizárásra alkalmas⁴¹.

A kormányrendeletben röntgen vizsgálatként⁴² feltüntetett azonosítási eljárás napjainkban már inkább az igazságügyi radiológia modern képalkotó eszközöket – például CT és MRI – felvonultató diszciplínáját jelenti, amely nemcsak identifikációs célokat szolgálhat, de adott esetben a halálloki meghatározásban is fontos szerepet játszhat⁴³. A post mortem radiológiai eljárásokkal feltárhatók olyan anatómiai sajátosságok, traumák, idegen testek vagy beépített orvosi eszközök, amelyek hozzájárulhatnak a személyazonosításhoz, továbbá a nyomozati eljárást is megkönnyítik⁴⁴. A technológia lehetőséget ad nem-invazív vizsgálatra, ami különösen fontos fertőzésveszélyes vagy CBRN környezetben talált holttestek esetén. A digitális képalkotás lehetővé teszi az ante mortem és post mortem felvételek nagy pontosságú összehasonlítását. A módszer egyre jelentősebb szerepet kap a modern halottazonosítási gyakorlatban, különösen tömeges halálesetek vagy komplex sérülési mintázatok esetén. Hátránya, hogy speciálisan képzett szakembergárdát, illetve szabad képalkotó kapacitást igényel, amelyet adott esetben, kiemelten az élő sérültek magas száma esetén, nehéz lehet előteremteni.

Az igazságügyi antropológia a csontmaradványokon alapuló személyazonosítást segíti, különösen akkor, amikor más módszerek (például a daktiloszkópia) nem alkalmazhatók⁴⁵. A vizsgálat célja a fragmentált humán maradványok felismerése és szortírozása, a DNS mintavétel optimalizálása, az azonosítást segítő morfológiai jegyek dokumentálása⁴⁶. A módszer jelentős

³⁸ 351/2013. (X. 4.) Korm. rendelet a halottvizsgálatról és a halottakkal kapcsolatos eljárásról

³⁹ Srisinghasongkram et al. 2022

⁴⁰ Wilkinson – Lofthouse 2015

⁴¹ Wilkinson – Lofthouse 2015

⁴² 351/2013. (X. 4.) Korm. rendelet a halottvizsgálatról és a halottakkal kapcsolatos eljárásról

⁴³ Vallis 2017

⁴⁴ Brough – Morgan – Rutty 2015

⁴⁵ Blau – Briggs 2010

⁴⁶ Blau – Briggs 2010; Mundorff 2011

limitációja, hogy speciálisan képzett szakembereket igényel, illetve adott esetben a maradványok, még alapos vizsgálatnak alávetve is alacsony információmennyiséget szolgáltathatnak.

Érdemes még külön megemlíteni az egyedi sorszámmal rendelkező, beültetett implantátumok alapján történő áldozatazonosítás lehetőségét. A módszer sikeres alkalmazására hazánkban is történt példa⁴⁷, a különböző implantátum regiszterek elterjedésével az eljárás új azonosítási távlatokat nyithat meg a jövőben.

Kutatási témám szempontjából fontos kiemelni, hogy a DVI Guide 2023-as verziójának 11-es melléklete külön foglalkozik a CBRN események áldozatainak azonosításához társuló biztonsági ajánlásokról, megfontolandó szempontokról⁴⁸. A melléklet a korábbi évekhez tartozó (például 2018-as) anyaghoz képest vázlatosabb, de így is bemutat néhány speciális aspektust, amelyeket vegyi, biológiai vagy radionukleáris holttestkezelési szcenárió alkalmával figyelembe kell venni. A melléklet felsorolja a különböző CBRN rizikótényezőket, ismerteti a szennyeződés és fertőződés kockázatát rejtő mechanizmusokat, illetve többször kitér az elhunyt személyes tárgyainak visszaszolgáltatathatóságára, a mentesítés kérdéseire.

Végezetül érdemes röviden összefoglalni a DVI alapú áldozatazonosítás történetét Magyarországon. Az első kezdeményezéseket követően⁴⁹ 2018-ban, az Interpol DVI kiképzőinek hivatalos hazai tréningje után a Nemzeti Áldozatazonosító Szolgálat alapját képező post mortem azonosítási képesség került kialakításra⁵⁰. Az első éles hazai bevetésre a Hableány hajó dunai katasztrófája kapcsán került sor; az azóta eltelt években folyamatos képzések mellett gyűjthetett tapasztalatokat a DVI Team Hungary állománya⁵¹.

A témához releváns módon kötődő NATO dokumentumok

Mivel kutatási témám szervesen kapcsolódik a civil-katonai együttműködés egyes kérdéseéhez, illetve mind az áldozatazonosításban, mind a CBRN események kezelésében jelentős érdekeltsége van a Magyar Honvédségnek is, érdemes áttekinteni néhány releváns

⁴⁷ Angyal et al. 2023

⁴⁸ Interpol 2023a

⁴⁹ Angyal 2014; Kormos – Csatai – Menczóné Fekete 2015

⁵⁰ Angyal – Petrétai 2019

⁵¹ Farid – Farkas – Petrétai 2022

módon kötődő NATO dokumentumot. A szabadon hozzáférhető, minősített adatokat nem tartalmazó szakanyagok közül kiemelendő az AMedP-3.1 NATO standard, amely a katonai igazságügyi fogorvosi vizsgálatokat foglalja össze⁵². A dokumentum alapján a katonai igazságügyi fogorvosi vizsgálat alapelvei, adminisztratív elvárásai jelentős átfedést mutatnak az Interpol DVI Guide-ban lefektetett ajánlásokkal, amelyekre hivatkozik is az anyag. Mivel a katonák esetében az egészségügyi alkalmasság kiemelten vizsgált terület, a fogászati státuszra vonatkozó ante mortem adatok nagy valószínűséggel rendelkezésre állnak. A dokumentum részletes leírást tartalmaz a fogászati adatok leírásával, a vizsgálatokhoz szükséges eszközökkel kapcsolatosan, illetve mellékletként tartalmazza a DVI Guide 2018-as verziójához tartozó formanyomtatványokat (jegyzőkönyveket).

Kutatási témám szempontjából még inkább jelentős az AMedP-7.1 NATO standard, amely a CBRN sérültek és áldozatok egészségügyi kezelésével foglalkozik⁵³. A szakanyagban részletesen bemutatásra kerülnek a különböző vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris veszélyforrások, a fertőződés vagy szennyeződés esetén szükséges egészségügyi óv- és ellenintézkedések. A dokumentumban a 16A melléklet külön foglalkozik a CBRN környezetben elhunytakkal kapcsolatos teendőkkel. Az anyag ismerteti a legfontosabb szennyeződési lehetőségeket, bemutatja a CBRN áldozatok kezelésének prioritásait, úgymint saját állomány védelmére vonatkozó intézkedések, áldozatazonosítás és haláloki meghatározás, temetésre vonatkozó megfontolások. Részletes ajánlásokat fogalmaz meg a tetemek ideiglenes tárolására vonatkozóan, illetve felsorolja a helyszínen, vagy boncteremben végzendő vizsgálati eljárásokat. Külön pontokban foglalkozik a szennyezett tetemek izolációjának, szállításának kérdéseiről, valamint a post mortem eljárások feltételeiről, a kockázatfelmérés kérdéseiről. A melléklet utolsó pontjaiban ágens specifikus formában hívja fel a figyelmet a halottkezelés legfontosabb lépéseire.

⁵² NATO 2020

⁵³ NATO 2018

1. A CBRN katasztrófák komplex környezet- és egészségkárosító képessége

1.1. Bevezetés

A CBRN katasztrófák elhunytkelési gyakorlatát megalapozandó, szükséges áttekinteni a korábban bekövetkezett, jól dokumentált, halálos áldozatokkal járó káreseményeket. Ezen események nem csupán közvetlen humán egészségügyi kockázatokat hordoznak, de a környezetre, az élővilág növény- és állatállományára is veszélyt jelenthetnek⁵⁴. Mivel a CBRN incidensek egyetlen haláleset bekövetkezése esetén is vezethetnek a katasztrófák egyes definícióit („a katasztrófa olyan, előre nem látott, váratlan esemény, amely jelentős anyagi károkat és/vagy emberi szenvedést okoz, a helyi lehetőségek pedig elégtelenek a károk felszámolásához, a káresemény kezeléséhez⁵⁵”) kimerítő szituációkhoz, az értekezés további részében a CBRN katasztrófa/incidens/esemény fogalmakat szinonimaként, a szóismétlések elkerülése érdekében használom.

A következő fejezetben ezen fenyegetés mibenlétét foglalom össze, továbbá esettanulmányok mentén szemléltetem az adott katasztrófák komplex kezelési kihívásait. A fejezet utolsó részében bemutatom a CBRN incidensek vonatkozásában Magyarországon fellelhető rizikótényezőket, illetve a 2010-es vörösiszap katasztrófa tapasztalatait.

1.1.1. A CBRN események környezetre gyakorolt hatása

A CBRN katasztrófák kiemelten fontos jellemzője, hogy az egyéb természeti vagy emberi tevékenységhez köthető káreseményekhez képest többlet egészségügyi kockázatot jelent a vegyi, biológiai, radiológiai vagy nukleáris veszélyes ágens jelenléte. Az ágens nem csupán közvetlen módon kerülhetnek kapcsolatba az adott katasztrófában érintettekkel, de a környezet elemeiben perzisztálva, illetve a primer kontaktusban involváltakat kontaminálva a felszámolási műveletekben résztvevő szervezetek állományát is fenyegethetik. Ennek tükrében

⁵⁴ Farkas 2022

⁵⁵ Centre for Research on the Epidemiology of Disasters 2019

a komplex egészségkárosító képesség kiemelt komponense a toxikus anyag vagy kórokozó környezeti elemekkel folytatott interakciója.

A környezet jelen értelmezésben „azon élő és élettelen, dinamikusan összefüggő komponensek összessége, amelyben az emberek létezése, cselekedetei megvalósulnak az őket körülvevő világban”⁵⁶. Az önmagukban „élettelen” környezeti alkotóelemek a föld, víz, levegő; további komponensként határozható meg az élővilág; ezek együttesen további környezeti elemként alkotják a tájat és a települési környezetet. Ezek tükrében a környezetbiztonság „a környezeti elemek védeltségi állapotának mértékét fejezi ki az emberi tevékenységek, az ember által működtetett műszaki, technológiai folyamatokkal, rendszerekkel szemben, ugyanakkor azt az állapotot jelképezi, amikor a természet, a környezet sem közvetlenül, sem pedig az emberi tevékenységeken keresztül nem veszélyezteti sem az embert, sem pedig annak természetes és mesterséges környezetét”⁵⁷. A definíció alapján kijelenthető, hogy a környezeti elemeket kontamináló veszélyes anyagok és kórokozók a környezetbiztonságot gyengítik, nem csupán humán egészségügyi vonatkozásban, de a természetes és mesterséges környezet károsításával is.

1.1.2. Az élettelen környezeti elemek szerepe CBRN katasztrófákban

Egy CBRN katasztrófa bekövetkezése után a környezet elemei több formában járulhatnak hozzá az adott incidens felszámolást igénylő következményeinek fenntartásához. Természetesen a lényegi interakció, amennyiben az antropocentrikus és biocentrikus megközelítés mentén vizsgáljuk a CBRN-ágensek jelentette kockázatot, továbbra is az egészségkárosító hatás lesz. Fontos azonban megérteni, hogy a föld, a víz és a levegő milyen minőségében érintett az adott CBRN-eseményben. Az élettelen környezeti elemek alapvetően 3 jelentős formában játszhatnak szerepet a szennyeződési mintázatokban: betölthetnek rezervoár funkciót, azaz tároló közeget képezhetnek az adott veszélyes ágens számára; transzformációs közeget biztosíthatnak; transzport médiumként funkcionálhatnak.

A különféle toxikus vagy sugárzó anyagok kémiai-fizikai jellemzőiktől (például méret, tömeg, oldhatóság, kémiai reaktivitás stb.) függően a litoszférában, hidroszférában és atmoszférában tartósan megmaradhatnak eredeti struktúrájukban, hosszú távon is fenntartva az

⁵⁶ Halász – Földi 2014

⁵⁷ Halász – Földi 2014

élővilággal való káros interakció lehetőségét. A veszélyes vegyi anyagok egy része nem csupán eredeti formájában, de derivátumként is toxikus tulajdonságokkal rendelkezhet, amennyiben a nem biológiai jellegű degradációs folyamatok során reverzibilis, illetve irreverzibilis módosulásokon átesve is megőrzi toxicitását. Példaként említhető a neonikotinoidok csoportjába tartozó néhány vegyület, amelyek fotolízis mellett elveszthetik szelektív inszekticid specificitásukat, azaz olyan élőlényre is mérgező hatást gyakorolhatnak, amelyre az eredeti vegyület normál körülmények mellett veszélytelennek bizonyult.⁵⁸ A környezeti elemek transzport közegeként funkcionálva lehetővé teszik, hogy a mérgező anyagok az adott területen uralkodó időjárási jelenségek függvényében a katasztrófa eredeti helyszínétől tovább terjedjenek, akár több száz kilométerre. Nem véletlen, hogy CBRN események felszámolásánál, a kontrollált zónák kialakításában fontos szempont a helyszínen uralkodó szélirány; a szélnek lehetőség szerint a kevésbé szennyezett területek felől a magasabb szennyezettség irányába kell tartania⁵⁹. Ugyanezen szempont miatt lesz kiemelt jelentőségű a szennyvízkezelés kérdése, hiszen a nem inaktivált, vagy általában nem neutralizálható (például radioaktív) veszélyes anyagok természetes vagy épített víziközegekbe történő bejutása lehetővé teszi a további disszeminációt.

A fenti megállapítások alól a biológiai ágensek sem képeznek kivételt: több kórokozó – például a *Bacillus anthracis* – képes hosszú ideig, akár évekig fertőzőképes formában, gazdaszervezet jelenléte nélkül is fennmaradni a környezetben⁶⁰. A SARS-CoV-2 vírus példája azt mutatja, hogy a kontaminált felületeken, például fémeken, az akár napokig is megőrizheti infektivitását⁶¹. Az influenzavírusok mutációs dinamikájára a környezeti paraméterek – mint a hőmérséklet vagy páratartalom – szintén befolyással lehetnek, amely rámutat a környezeti tényezők és mikroorganizmusok közötti komplex kölcsönhatások jelentőségére⁶².

Érdekes módon egyes katasztrófaesemények – különösen azok, amelyek jelentős emberi áldozatokkal és nemzetközi figyelemmel járnak – közvetett módon hozzájárulhatnak a környezetbiztonság javításához. Az ilyen események gyakran ösztönzik a döntéshozókat és a tudományos közösséget a prevenció és elhárítási protokollok felülvizsgálatára és korszerűsítésére. Ez új technológiák, szigorúbb szabályozások és hatékonyabb végrehajtási gyakorlatok megjelenéséhez vezethet, amelyek képesek csökkenteni a jövőbeli események

⁵⁸ Fan et al. 2023

⁵⁹ NATO 2018

⁶⁰ Finke et al. 2020

⁶¹ Marques – Domingo 2021

⁶² Jiang et al. 2020

kockázatait. A járványügyi célból bevezetett rendezvényszervezési és közlekedési korlátozások egyes környezeti mutatók esetében pozitív változásokat idézhetnek elő – például a levegőminőség javulását vonhatják maguk után⁶³ –, ugyanakkor nem szabad figyelmen kívül hagyni a negatív mellékhatásokat sem. Az egyéni védőeszközök tömeges használata például jelentős mértékű, tartós műanyagszennyezést eredményezhet⁶⁴. Ez is aláhúzza annak fontosságát, hogy a válsághelyzetekre adott válaszok átfogó fenntarthatósági és környezetvédelmi szempontokat is figyelembe vegyenek.

1.1.3. Az élővilág, mint környezeti elem szerepe CBRN katasztrófákban

A CBRN-jellegű katasztrófák az élővilágot – mint az emberiséget körülvevő, dinamikus ökológiai rendszert – több szinten és mechanizmuson keresztül képesek károsítani. A radioaktív anyagok, toxikus vegyületek és patogének közvetlen hatást gyakorolhatnak különböző élőlényekre; a direkt károsító hatás eredménye az érintett élőlény rendszertani (faji) sajátásaiból, individuális érzékenységéből, immunreakciójának hatékonyságából vagy a toxikus anyag eliminációját elősegítő további adottságaiból összetevődő reagálóképességtől függ majd. Egy fajhoz tartozó egyedek esetében is nagy egyéni variancia mutatkozhat a mérgező anyagok toleranciáját vagy a fertőző betegségek leküzdési sikerét tekintve, amelyben genetikai sajátosságok, a tápláltsági állapot, az élettani tartalékok megléte, avagy hiánya fontos szerepet játszik.

A vegyi anyagokkal való expozíció esetében a toxikus hatás a molekula kémiai szerkezetéből, a szervezetbe jutás mikéntjétől, részben ebből fakadóan a biológiai hozzáférhetőségéből, valamint az organizmus detoxifikációs képességeiből adódik. A szubcelluláris sejtalkotók – mint például mitokondrium, a sejtmembránok vagy az örökítőanyag – közvetlen károsítása mellett zavar keletkezhet a sejtfunkciók szabályozásában, különösen az anyagcserében, jelátvitelben részt vevő enzimek aktivitásának befolyásolásán keresztül. A mérgező vegyületek szerkezetének és hatásmechanizmusának ismeretében specifikus ellenanyag kifejlesztésére adódhat mód, amely meggyorsíthatja a szervezetből történő kiürülést, illetve csökkentheti a károsító hatás súlyosságát. A hosszú távú CBRN katasztrófa védekezésben ezért is fontos a megfelelő antidotumok hozzáférhetőségének biztosítása,

⁶³ Mostafa – Gamal – Wafiq 2021; Nigam et al. 2021

⁶⁴ Ammendolia et al. 2021

valamint a kezelési protokollok kidolgozása mind állat-, mind humánegészségügyi célból egyaránt.

A radioaktív anyagok biológiai hatásait több tényező együttesen befolyásolja, így kiemelten a sugárzás típusa (alfa, béta, gamma, neutron), intenzitása, valamint az élő szervezetre gyakorolt expozíció időtartama. Értelemszerűen az egészségkárosító képességben lényeges szerepet játszik, hogy „külső” vagy „belső” típusú szennyeződési mintázattal állunk-e szemben, amelyben a radionuklidok halmazállapota bír jelentőséggel; a „belső” szennyeződés lehetővé teszi például nagy energiájú alfa sugárzó közvetlen érintkezését arra érzékeny szövetekkel, sejtekkel, szubcelluláris elemekkel⁶⁵. A sugárzás okozta sejtszintű károsodások mértéke függ a sejtalkotók – például a DNS vagy a fehérjék – radioszenzitivitásától, valamint az érintett élőlény sejtszintű javítómechanizmusainak kapacitásától. A hosszú távú sugárterhelés rákkeltő, genetikai mutációkat indukáló hatásai különösen súlyos következményekkel járhatnak populációs szinten is. Kiemelten fontos például a humán- és állategészségügyi szempontból az ionizáló sugárzás okozta reprodukciós képesség csökkenés⁶⁶.

A toxikus anyagok vonatkozásában mindenképpen szükséges megemlíteni a bioakkumuláció jelenségét. Ennek lényege, hogy bizonyos szervezetekben adott veszélyes anyagok felhalmozódhatnak, a biológiai degradáció elmaradása mellett⁶⁷. Az élőlények szervezetében történő akkumuláció nemcsak az adott egyedre, hanem a tápláléklánc magasabb szintjeire is veszélyt jelent. Az ökológiai láncon keresztül a toxikus anyagok terjedése hosszú távú ökoszisztéma-károsodásokhoz vezethet, melynek visszafordítása sok esetben lehetetlen, vagy csak jelentős erőforrás-ráfordítással kivitelezhető.

A biológiai ágensek patogenitása jellemzően fajspecifikus, ugyanakkor több esetben rendelkezhetnek természetes rezervoár gazdaszervezetekkel, amelyekben tünetmentes formában is fennmaradhatnak. Ez járványügyi szempontból különösen nagy kihívást jelent, mivel az állatpopulációk fertőzöttsége megnehezíti a fertőzési lánc megszakítását. Evolúciós szempontból a gazdaszervezetben végbemenő mutációk fokozhatják a mikrobák adaptív kapacitását, ami rezisztencia mechanizmusok propagációjában, illetve új variánsok felbukkanásának formájában is megnyilvánulhat. A humán-állati fertőző betegség interakciók

⁶⁵ Bushberg 2020

⁶⁶ Centers for Disease Control and Prevention 2023

⁶⁷ Streit 1992

közül mind a zoonózist (állatról emberre terjedés), mind a reverz-zoonózist (emberről állatra terjedés) fontos kiemelni.

A patogének kóroki szerepe lehet közvetlen, amikor toxinjaik vagy anyagsere-termékeik sejtpusztulást okoznak, illetve közvetett, amikor az immunválasz következményeként jön létre szöveti destrukció. A célzott gyógyszeres terápiák (például antivirális vagy antibiotikus készítmények) megléte, valamint az adott kórokozó elleni hatékony prevenció (védőoltások) elérhetősége kulcsfontosságú az incidensek hatékony kezelésében. Az epidemiológiai beavatkozásoknak ezért multidiszciplináris, az ökológiai, orvostudományi és társadalmi aspektusokat is figyelembe vevő megközelítésen kell alapulniuk.

CBRN események során az incidens elhárítása vagy terjedésének meggátolása céljából alkalmazott intézkedések – például a potenciálisan fertőzött vagy kontaminált állatállomány és növényzet felszámolása – önmagukban is jelentős környezetterhelést jelenthetnek. E lépések célja lehet a kórokozó vagy veszélyes anyag terjedésének fizikális korlátozása, illetve zoonózis bekövetkezési esélyének csökkentése. A SARS-CoV-2 pandémia alatt Dániában végrehajtott nyércállomány-irtás példája is rámutat arra, hogy ilyen beavatkozások etikai és ökológiai kérdéseket vetnek fel⁶⁸. Szomorú hazai példaként említhető továbbá a Magyarországon 2025. márciusa óta zajló ragadós száj- és körömfájás járvány, amelynek következtében több gazdaság szarvasmarha állományát le kellett ölnie a hatóságoknak⁶⁹. A járványügyi érdekből végzett állomány terminálás nem csupán gazdasági érdekből tartott állatok esetében merülhet fel, hanem természetes közegekben is, azonban az ilyen jellegű beavatkozások az ökoszisztéma egyensúlyát is veszélyeztethetik, hozzájárulva akár újabb, nem várt környezeti problémák kialakulásához. Mindez azt mutatja, hogy a krízismenedzsment során nem csupán az aktuális fenyegetés elhárítása, hanem a hosszú távú ökológiai következmények előrejelzése és minimalizálása is elengedhetetlen.

1.2. Esettanulmány: a bhopali vegyi katasztrófa

1984. december 2-ről 3-ra virradó éjszaka az indiai Madhja Prades államban található, mintegy 800 000 fős Bhopal városában az emberiség eddigi történetének egyik legsúlyosabb

⁶⁸ World Health Organisation 2020

⁶⁹ NÉBIH 2025

ipari jellegű, veszélyes vegyi anyaghoz köthető katasztrófája következett be.⁷⁰ A Union Carbide India Limited (UCIL) peszticidgyárának üzemi területéről körülbelül 40 tonna metil-izocianát (MIC) gáz szabadult ki, amely gyorsan elterjedt a környező lakóövezetekben. A katasztrófához vezető pontos körülmények máig sem tisztázottak, azonban szakértői értékelések alapján a működésképtelen vagy nem megfelelően karbantartott biztonsági rendszerek, valamint a vállalati szinten tapasztalt súlyos protokollhiányosságok kulcsszerepet játszottak a tragédiához vezető műszaki hiba bekövetkezésében⁷¹. A toxikus gáz kiszabadulását követő órákban madarak és emlősök tömeges pusztulását észlelték a város utcáin. Humánegészségügyi vonatkozásban a különböző források szerint 2500-tól akár 20 000-ig terjedhet az elhunytak száma, akik közül sokan az első 24–48 órában haltak meg a heveny légzőszervi károsodás következtében, míg mások hosszabb távon, a mérgezés krónikus szövődményeinek áldozataivá váltak; hozzávetőleg 200 000 főt érintett kisebb-nagyobb mértékű expozíció a szabadba jutott vegyület révén⁷².

A metil-izocianát az izocianátok vegyületcsoportjába tartozik, a csoport legkisebb méretű, legreaktívabb, legtoxikusabb tagja⁷³. A szobahőmérsékleten színtelen, illékony folyadék víz jelenlétében rendkívül heves exoterm reakcióba lép, amely, zárt tárolóközeg esetében nyomásfokozódáshoz és a vegyület gáznemű formában történő hirtelen felszabadulásához vezet; ez a jelenség a bhopali katasztrófa kialakulásában is kulcsszerepet játszott. Az alacsony forráspontból fakadó, nagyfokú volatilitás hozzájárult a gáz halmaazállapot felvételéhez és gyors környezeti diszperziójához, különösen az adott éjjeli meteorológiai viszonyok mellett, amelyek elősegítették a földközeli, toxikus felhő jellegű terjedést⁷⁴.

A MIC toxikológiai profiljáról a katasztrófa előtt csak korlátozott mennyiségű adat állt rendelkezésre, így az első elemzések során alternatív lehetőségként hidrogén-cianid (HCN) jelenléte is felmerült, mint a káreseményben definitív toxikus ágens⁷⁵. A korai klinikai tünetek között a könnyezés, légúti irritáció, fulladás érzet, nehézlégzés dominált; első halálos áldozatok az expozíciót követő 24-48 órán belül jelentek meg⁷⁶. Az elhunytak kórboncolása az incidens bekövetkezte utáni 72 órán belül elkezdődött; ezek első, makroszkópos eredményei is HCN-

⁷⁰ Varma – Mulay 2015

⁷¹ Varma – Mulay 2015

⁷² Varma–Mulay 2015; Broughton 2005; Sriramachari 2004; Varma – Varma 2005

⁷³ Varma – Mulay 2015

⁷⁴ Sharan – Gopalakrishnan 1997

⁷⁵ Varma–Mulay 2015; Sriramachari 2004

⁷⁶ Varma–Mulay 2015

mérgezésre utaló jeleket mutattak, azonban az expozíció és a tünetek megjelenése közötti időintervallum, valamint a nátrium-tioszulfát terápiás hatástalansága végül a MIC primer szerepére terelte a gyanút⁷⁷. Később állatkísérletes modellben igazolták, hogy a MIC belégzése súlyos, primeren a légzőrendszert érintő elváltozásokat idéz elő: akut légső- és hörgőgyulladás, tüdőödéma (vizenyő), valamint a diffúz alveoláris károsodás részjelenségeként alveoláris vérzések, hyalin-membrán-képződés dominálta a patológiai képet⁷⁸. A baleset után évekkel bekövetkezett halálesetek kórszövettani vizsgálatai perzisztáló intersticiális pneumonitiszre, az idő előrehaladtával egyre hangsúlyosabb krónikus fibrotikus tüdőelváltozásokra utaltak⁷⁹. Érdekes párhuzam, hogy ezen szövettani mintázatok morfológiai értelemben hasonlóságot mutatnak a SARS-CoV-2 vírus által kiváltott COVID-19-betegség súlyos pulmonális szövődményeivel, különösen az alveoláris károsodás és fibrózis (kötőszövetes átalakulás) vonatkozásában. Az állatkísérletes kutatások eredményei alapján feltételezhető továbbá a metil-izocianát indirekt, általános toxikus hatásához köthető és direkt magzatkárosító képessége, valamint karcinogén és genotoxikus tulajdonságai⁸⁰. A katasztrófa után végzett követéses vizsgálatok az említett hatások közül a magzatkárosító és genotoxicitást humán populációban is igazolták⁸¹. Nem szabad továbbá figyelmen kívül hagyni a káresemény pszichológiai hatását sem: a túlélők között nagy arányban jelentkezett poszt traumás stressz szindróma, patológiás gyászreakció, depresszió, illetve dokumentáltan emelkedett a meglévő pszichés zavarok fellángolásának gyakorisága⁸².

A bhopali incidens során nem csupán az emberi populáció szenvedett maradandó következményeket: a metil-izocianát jelentős ökológiai károkat is okozott. Az emlősök és madarak érintettségén túl a növényvilágban fajspecifikusan jelentkezett nekrózis, lombhullásos tünetek, valamint a növekedés megállása⁸³. Emellett ezekben is kimutatható mutagén hatásokat azonosítottak, amelyek hosszú távon befolyásolhatták az érintett flóra reprodukív és adaptív képességeit.

A bhopali katasztrófa esettanulmánya egyértelműen rávilágít arra, hogy a veszélyes vegyi anyagok ipari alkalmazása során elengedhetetlen a megelőző kockázatkezelési protokollok, valamint az átfogó biztonságtechnikai rendszerek szigorú betartása. A történetek

⁷⁷ Sriramachari 2004

⁷⁸ Varma–Mulay 2015; Sriramachari 2004

⁷⁹ Sriramachari 2004

⁸⁰ Varma–Mulay 2015

⁸¹ Varma–Mulay 2015

⁸² Varma–Mulay 2015

⁸³ Kumar – Tripathi – Roy 1989

egyben arra is emlékeztetnek, hogy a vegyi expozíció hatásai nemcsak az érintett egyénre vonatkoztatható akut és krónikus, de generációkon átívelő, ökológiai és populációgenetikai következményekkel is járhatnak.

1.3. Esettanulmány: A 2009-es H1N1 pandémia

A biológiai ágensekhez köthető események a CBRN katasztrófák rendszerén belül abban a tekintetben sajátos kategóriát alkotnak, hogy viszonylag nagy gyakorisággal természetes úton is kialakulhatnak, direkt antropogén behatás hiánya mellett. Ilyen esetekben az emberi tényező elsősorban elszenvedőként jelenik meg, nem pedig közvetlen kiváltóként. Ugyanakkor a történelem során számos példa akad a biológiai ágensek tudatos, tömegpusztító fegyverként való alkalmazására is, például a második világháború során a japán 731-es alakulat által Mandzsúriában végzett laboratóriumi és terepi patogénkísérletek⁸⁴, vagy az 1979-es szverdlovszki baleset, amely szintén az offenzív biológiai fegyverfejlesztéshez köthető, civil áldozatokat is követelő példajaként említhető⁸⁵.

Természetesen nem csak az offenzív jellegű biológiai fegyverfelhasználásra akad történelmi példa, de a járványok megelőzésére, megfékezésére is számos törekvést találhatunk. Már a középkorban felismerték egyes fertőző betegségek (pl. lepra) esetén az elkülönítés (izoláció) fontosságát⁸⁶. Gyakorlatok szervezésére is találhatunk történelmi előzményeket, például a több mint száz évvel ezelőtti, 1918-19-es influenza-járvány időszakából (2. sz. ábra).

⁸⁴ Harris 2002

⁸⁵ Alibek – Handelman 1999

⁸⁶ Vitiello et al. 2022



2. sz. ábra: A Vöröskereszt munkatársai bemutatót tartanak az 1918-as influenza pandémia idején

Washingtonban

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1918_flu_outbreak_RedCrossLitterCarriersSpanishFluWashingtonDC.jpg) Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Jelen esettanulmány a XXI. század első, jól dokumentált természetes eredetű világjárványát, a 2009–2010 között zajlott H1N1 influenza pandémiát vizsgálja, amely több mint 214 országra és területre terjedt ki⁸⁷. A rendelkezésre álló epidemiológiai és genetikai adatok alapján a járvány valószínűleg Mexikóból indult, és egy olyan H1N1 altípusú influenzavírus okozta, amely az 1918-as spanyolnátha kórokozójával rokon szerkezetet mutatott⁸⁸. Bár a laboratóriumi vizsgálatokkal megerősített halálesetek száma a WHO adatai alapján meghaladta a 18 ezret⁸⁹, a valódi mortalitási adatokat a szakirodalomban fellelhető további források 151 700 és 575 400 közé becsülik⁹⁰. A szezonális influenzajárványoktól

⁸⁷ World Health Organisation 2010

⁸⁸ Scalera – Mossad 2009

⁸⁹ World Health Organisation 2010

⁹⁰ Saunders-Hastings – Krewski 2016

eltérően e pandémia során elsősorban a 24 év alatti fiatal felnőttek és gyermekek tartoztak a legveszélyeztetettebb populációk közé⁹¹. A járványkezelési stratégia korai szakaszának érdekes jelensége, hogy a bevezetett utazási ajánlások, korlátozások következtében a Mexikóból irányuló, illetve oda tartó légit forgalom mintegy 40%-os csökkenést mutatott, azonban az importált esetek megjelenésével kalkuláló kísérletes számítások alapján ez mindösszesen 3 nappal késleltette a járvány további országokban történő megjelenését⁹².

A pandémiát kiváltó A típusú influenzavírus az Orthomyxoviridae családba tartozik, és negatív egyszálú RNS genommal rendelkezik⁹³. Ezen kórokozók felszíni glikoproteinjeik – hemagglutinin (HA) és neuraminidáz (NA) – alapján további altípusokba sorolhatók, a világjárvány okozója a H1N1 altípusba tartozott. A szezonális influenzajárványok megjelenésének mozgatórugóját az antigénsodródás (*antigenic drift*) képezi, amely a vírus genetikai anyagának fokozatos mutációját jelenti, lehetővé téve a vírus számára, hogy részben kikerülje a korábban már influenza fertőzésen átesett szervezetek immunválaszát. A jelenség molekuláris alapját az adja, hogy a vírus glikoproteinjeit kódoló örökítőanyag kijavíthatatlan mutációkat szenved, aminek következtében megváltozott konformációjú, így antigenitású virális partikulum végtermékek képződnek. Érdekes azonban kiemelni, hogy az emberi szervezet rendkívül összetett immunválaszt produkál az influenza vírusok ellen, amely több generációra visszakövethető, genetikai szinten is manifesztálódó mechanizmusokat is magában foglal; az antigénsodródás következtében fellépő kisebb változások emiatt nem eredményeznek nagyfokú védtelenséget az egyébként intakt immunrendszerrel találkozáskor⁹⁴. Ezzel szemben az antigéncsuszamlás (*antigenic shift*) során két különböző influenzavírus közti reasszortáció megy végbe egy közös gazdában, aminek következményeként új, potenciálisan emelkedett infektivitású törzs jöhet létre, amely a nagyobb antigénváltás miatt könnyebben kikerülheti a szerzett és öröklött védekezési mechanizmusokat. A 2009-es H1N1 vírus nagy valószínűséggel háromirányú genetikai reasszortáció eredményeként alakult ki, humán, sertés és madár eredetű vírusok génszegmenseit egyesítve⁹⁵. Ez a génkombináció lehetővé tette a vírus számára, hogy hatékonyan terjedjen emberről emberre, miközben a populáció immunológiai értelemben, a szezonális formákhoz képest védtelen volt vele szemben.

⁹¹ Scalera – Mossad 2009

⁹² Bajardi et al. 2011

⁹³ Saunders-Hastings – Krewski 2016

⁹⁴ Krammer 2019

⁹⁵ Scalera – Mossad 2009; Sooryanarain – Elankumaran 2015

Klinikai szempontból az influenzavírusok okozta betegség legtöbbször enyhe tünetekkel – láz, száraz köhögés, fejfájás, fáradtság, izomfájdalom – zajlik, azonban egyes esetekben súlyos szövődmények, például másodlagos bakteriális tüdőgyulladás, akut respirációs distressz szindróma (ARDS) vagy szepszis alakulhat ki. Ezek a szövődmények különösen veszélyesek alaptergességgel rendelkező páciensek esetén, és gyakran magas esethalálozással járnak. A 2009-es pandémia esetében az esethalálozási ráta egyes felmérések adatai alapján két nagyságrenddel elmaradt az 1918-19-es világjárványhoz képest (0,026% 2009-2010-ben, míg 2-3% 1918-1919-ben), azonban értelemszerűen megfontolandó az adatok összevetésekor az események között eltelt 90 év rapidan fejlődő orvostudományi eredményeinek figyelembevétele⁹⁶. Érdeemes ugyanakkor megjegyezni, hogy az elhunytak 90%-a 65 év alatti populációból került ki, 50 és 65 év közötti halálozási csúccsal; a gyermekek körében 5 év alatt nagy valószínűséggel volt szükség hospitalizációra⁹⁷.

Az influenzavírus zoonotikus potenciálja révén nemcsak emberekben, hanem számos más emlős (például sertés, macska, kutya) - és madárfajban (például házityúk, kacs, pulyka) is képes fertőzést létrehozni⁹⁸. A fertőzött állatok egy része tünetmentes marad, míg másoknál enyhe vagy súlyos megbetegedés alakulhat ki, ami olykor elhulláshoz is vezethet. További fenyegetést jelent az állatokra a humán egészségvédelmi megfontolásokból fakadó preventív intézkedések részeként történő leölés: a 2009-es pandémia során Egyiptomban például több, mint 300 000 sertést pusztítottak el a járvány terjedésének megelőzése céljából, amely rávilágít az állati rezervoárok, illetve zoonotikus infekcióforrások körüli társadalmi és gazdasági érdekfeszültségekre is⁹⁹.

Az influenzavírus a környezet élettelen elemeivel is számos interakciót mutat; többek között aeroszolként, illetve virális partikulumokban gazdag cseppek formájában képes terjedni, amely különösen zárt térben, nagy népsűrűség mellett jelent fokozott kockázatot¹⁰⁰. A kórokozó túlélőképessége az élettelen környezetben számos tényezőtől függ: a környezeti hőmérséklet, a páratartalom, a napsugárzás, valamint a pH-érték és a sókoncentráció mind befolyásolják, hogy a vírus meddig marad fertőzőképes¹⁰¹. Összességében elmondható, hogy a komplex környezeti

⁹⁶ Donaldson et al. 2009

⁹⁷ Writing Committee of the WHO Consultation on Clinical Aspects of Pandemic (H1N1) 2009 Influenza 2010

⁹⁸ Sooryanarain – Elankumaran 2015

⁹⁹ Keenlside 2012

¹⁰⁰ Sooryanarain – Elankumaran 2015

¹⁰¹ Sooryanarain – Elankumaran 2015; Keenlside 2012; Poulson et al. 2016

interakciók jelenléte megerősíti az epidemiológiai monitoring környezeti aspektusokra is kiterjedő szükségességét, a járványmegelőzés jövőbeli megerősítése érdekében.

1.4. Esettanulmány: A goiâniai radiológiai incidens

1987 szeptemberében a braziliai Goiânia városában bekövetkezett radiológiai baleset a civil alkalmazású ionizáló sugárzással összefüggő események közül az egyik legsúlyosabbként került be a történelembe¹⁰². A tragédia egy elhagyatott orvosi létesítményben vette kezdetét, ahol két helyi lakos egy elhagyott radioterápiás berendezés fémkomponenseit próbálta fémhulladékként értékesíteni. A készülék belsejében található radioaktív anyagot – cézium-137 izotópot (^{137}Cs) – a fémburkolat megsértésével szabadították fel. A cézium-klorid formájában megjelenő anyag világító kék fénye különös vizuális élményt nyújtott, amely hatására a férfiak, és később több helyi családot is, elosztották a rizsszem méretű, erősen radioaktív darabokat¹⁰³.

Az esemény következtében összesen 249 ember szenvedett el külső vagy belső kontaminációt¹⁰⁴. A kórházi ellátásra szorulóak száma 49 fő volt, közülük 17 fő csontvelő elégtelenség, 8 fő intenzív ellátást igénylő súlyos akut sugárbetegség tünetcsoportját mutatta; a katasztrófa továbbá négy halálos áldozatot követelt¹⁰⁵. A speciális óvintézkedések mellett elvégzett kórboncolások akut sugárszindrómára, illetve annak szövődményeire – például vérzéses többszervi elégtelenségre, szepsziszre – utaló elváltozásokat tártak fel¹⁰⁶. A további determinisztikus sugárhatások közé sorolható klinikai tünetek között hányás, hasmenés, bőrelváltozások, valamint a hematopoetikus rendszer károsodása is megjelent¹⁰⁷. Utóbbi kapcsán érdemes megjegyezni, hogy ez volt az egyik első terápiás próbálkozás sugárzás okozta csontvelő depriváció ellensúlyozására bevetett granulocita-makrofág kolónia stimuláló faktor (GM-CSF) alkalmazására, bár a terápiás eredmények összességében nem bizonyultak konklúzívnak¹⁰⁸.

¹⁰² International Atomic Energy Agency 1988

¹⁰³ International Atomic Energy Agency 1988

¹⁰⁴ International Atomic Energy Agency 1988

¹⁰⁵ International Atomic Energy Agency 2018

¹⁰⁶ International Atomic Energy Agency 2018

¹⁰⁷ International Atomic Energy Agency 1988; International Atomic Energy Agency 2018

¹⁰⁸ International Atomic Energy Agency 1988

A baleset során kiszabadult cézium-137 izotóp 30,17 éves fizikai felezési idővel rendelkezik, és főként béta-részecskék kibocsátása mellett bomlik. A folyamat során átmeneti bomlástermékként bárium-137m izotóp is keletkezhet, amely intenzív gamma-sugárzást produkál, így összességében a környezetre és az emberi szervezetre egyaránt jelentős kockázatot jelentő béta és gamma sugárzással is számolhatunk cézium-137 radionuklid esetében. Az izotóp biológiai felezési ideje emberben átlagosan 110 nap, de a céziumionok eltávolítását célzó, berlini kéket tartalmazó gyógyszeres kezeléssel ez az idő akár 30 napra is csökkenthető¹⁰⁹. Az említett gyógyszert a belső kontaminációt szenvedett goiâniai sérültek kapcsán is sikerrel alkalmazták¹¹⁰.

A goiâniai katasztrófa környezeti és humán hatásainak felszámolása céljából nagyszabású, mintegy 550 fő részvételével zajló dekontaminációs művelet zajlott le, amely során jelentős technikai és logisztikai kihívásokkal kellett szembenézni¹¹¹. A munkálatok során 85 lakóépületet és 45 nyilvános területet tisztítottak meg, továbbá több helyszínen a felső talajréteget is eltávolították a radionuklidok további migrációjának, illetve talajvízbe szivárgásának megakadályozása érdekében. Több, korábban termőföldként hasznosítható terület például továbbra is növénytermesztésre nem ajánlott szennyezettségi szintet mutatott 14 évvel a balesetet követően¹¹². A dekontaminációs folyamat 1987 karácsonyára lényegében lezárult, azonban a baleset hosszú távú hatásai, különösen a késői sugárkárosodások és a pszichoszociális következmények, évekig éreztették hatásukat. Habár a szennyeződés típusából, az involvált radioaktív anyag tulajdonságaiból fakadóan teoretikusan várható volt malignus daganatok incidenciájának emelkedése, későbbi vizsgálatok például a rosszindulatú emlődaganatok gyakoriságának emelkedését nem tudták egyértelműen megerősíteni, amely további vizsgálatokat tehet szükségessé a hosszútávú karcinogén hatások feltárása érdekében¹¹³.

A goiâniai incidens súlyos tanulságokkal szolgál a sugárzó anyagok nem megfelelő kezelése, őrzése és nyilvántartása kapcsán, valamint rávilágít arra, hogy a civil lakosság tájékoztatása, a sugárvédelmi szabályozás betartása, valamint a vészhelyzeti protokollok hatékony működtetése kulcsfontosságú a hasonló balesetek megelőzésében.

¹⁰⁹ Centers for Disease Control and Prevention 2025

¹¹⁰ International Atomic Energy Agency 2018

¹¹¹ International Atomic Energy Agency 1988

¹¹² Anjos 2001

¹¹³ Rahal et al. 2019; Lage et al. 2020

1.5. Esettanulmány: A csernobili nukleáris katasztrófa

1986. április 26-án a Szovjetunió területén, a csernobili atomerőmű 4-es reaktorblokkjában egy biztonsági teszt végrehajtása során súlyos nukleáris baleset történt. A robbanást – amely a reaktormag teljes destrukcióját eredményezte – a szakirodalmi adatok alapján emberi mulasztások és tervezési hibák sorozata együttesen idézhette elő¹¹⁴. A tragédia a nukleáris energia civil felhasználásának eddigi legsúlyosabb katasztrófájaként vonult be a történelembe.

A reaktorblokkban (3. sz. ábra) bekövetkező detonáció következményeként két ember vesztette életét traumás sérülések miatt, míg a robbanás okozta radionuklid diszperzió és szennyezés a következő hónapokban további 134 fő – főként tűzoltók és üzemeltetői személyzet – esetében vezetett heveny sugárbetegség kialakulásához; közülük 28 fő hunyt el¹¹⁵. Bár a szakirodalmi adatok részletesen beszámolnak a post mortem végzett mintavételi eljárások, illetve a klinikopatológiai megfigyelések eredményeiről, a boncolás körülményeire vonatkozó adat ezekben nem szerepel¹¹⁶. A reaktorból kiszabaduló, nagy mennyiségű radioaktív anyag a légkörbe jutva több ezer kilométeres távolságokra is eljutott, és az esőzések révén kiterjedt környezeti kontaminációt eredményezett¹¹⁷. A baleset következtében mintegy 350 ezer embert kellett evakuálni a környező területekről¹¹⁸; az érintett régió jelentős hányada a mai napig elhagyatott, tartós emberi jelenlésre nem alkalmas (4. sz. ábra). Az egészségügyi hatásokat tekintve a WHO és más szervezetek becslései alapján a katasztrófával közvetlenül összefüggésbe hozható halálesetek száma meghaladja a 4000 főt¹¹⁹.

¹¹⁴ Steinhauser – Brandl – Johnson 2014

¹¹⁵ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2010

¹¹⁶ Guskova et al. 1988; Guskova et al. 1990

¹¹⁷ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2010; Beresford et al. 2016

¹¹⁸ Beresford et al. 2016

¹¹⁹ World Health Organisation 2005



3. sz. ábra: a csernobili atomerőmű robbanást szenvedett 4-es blokkja (<https://www.publicdomainpictures.net/en/view-image.php?image=211657&picture=pripyat-chernobyl>) Letöltés ideje: 2025. 06. 10.



4. sz. ábra: elhagyatott vidámpark dodzsempályája Pripjaty városában (<https://www.publicdomainpictures.net/en/view-image.php?image=211656&picture=pripyat-chernobyl>) Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

A reaktor felrobbanása következtében számos radioaktív izotóp szóródott szét. A szennyezés szempontjából kiemelten jelentősek voltak a rövid és közepes felezési idejű, béta- és gamma-sugárzást kibocsátó izotópok, így a jód-131 (^{131}I) és a cézium-137 (^{137}Cs)¹²⁰. A hosszabb felezési idejű radionuklidok, mint például a plutónium-izotópok, lényegesen kisebb mennyiségben jutottak a környezetbe.

A környezeti kontamináció elsősorban a Szovjetunió három tagállamát – Ukrajnát, Fehéroroszországot és Oroszországot – érintette, azonban a levegőbe került radionuklidokat a globális légköráramlás révén az északi félteke számos országában kimutatták¹²¹. A robbanást követő időszakban az élettelen környezet mindhárom fő szférája – litoszféra, hidroszféra, atmoszféra – érintetté vált rezervoár illetve transzport közegként. A kontamináció mértéke alapján különösen szigorú intézkedéseket alkalmaztak a mezőgazdasági és ivóvízellátási rendszerek védelmére, például a Dnyeper-folyó vízrendszerében is¹²².

A radioaktív anyagokhoz köthető, rövid távon bekövetkező egészségkárosodások közé sorolhatók az ún. determinisztikus sugárhatások. Ezek manifesztálódása relatíve jól definiálható küszöbértékekhez kapcsolódik, amelyek elérése esetén egyre nagyobb valószínűséggel várható kialakulásuk¹²³. A determinisztikus károsodások súlyos tünetegyüttese a heveny sugárbetegség, amelynek részjelenségeként főként a gyorsan osztódó sejtek (például vérképző rendszer, bőr, nyálkahártyák) pusztulása figyelhető meg. Jellemző tünetei közé tartozik a fehérvérsejtek és vérlemezék számának alacsony szintje (leukopénia, trombocitopénia), hányás, hasmenés, hajhullás, általános gyengeség és az immunrendszer deprivációjából fakadóan a fertőzésekre való fokozott hajlam.

A hosszú távú egészségügyi következmények közé tartoznak a sztochasztikus sugárhatások, amelyekhez nem rendelhető egyértelmű küszöbérték, amely predesztinálna kétséget kizáró manifesztációjukra. Elsősorban olyan hatások sorolhatók a sztochasztikus kategóriába, amelyek genetikai mutációk révén emelik bizonyos daganatos betegségek előfordulási valószínűségét. A csernobili katasztrófa kapcsán különös figyelmet kapott a jód-

¹²⁰ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2010; Beresford et al. 2016

¹²¹ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2010

¹²² International Atomic Energy Agency 2006

¹²³ Fry 2001

¹³¹ izotóp által előidézett rosszindulatú pajzsmirigydaganatok megjelenése – főként gyermekek és serdülők körében –, amelyek kialakulása korreláltatható az esemény radioaktív szennyeződési mintázatával. Noha e daganatok többsége jól kezelhető és megfelelő terápiás beavatkozás mellett 90% feletti gyógyulási ráta érhető el, szövettani értelemben a daganatok morfológiai eltéréseket mutattak a szokványos, nem sugárhatáshoz köthető formákhoz viszonyítva¹²⁴.

Az állat- és növényvilágot ért sugárhatások a balesetet követő első három hónapban voltak a legintenzívebbek, 95%-ban béta-sugárzás közvetítésével¹²⁵. Az emlősök, madarak és halak különösen érzékenyen reagáltak a besugárzásra, és az érintett populációk vizsgálatakor számos esetben tapasztaltak termékenységsökkenést¹²⁶. Fontos kiemelni, hogy a kitelepített területek háziállat állományának csak egy részét lehetett evakuálni, de sok esetben, a szennyezett zónában maradt állatokhoz hasonlóan, a kontamináció további terjedésének megelőzése érdekében leölték őket¹²⁷.

A növényvilágban a magasabb rendű, fás szárú növények bizonyultak a legérzékenyebbeknek, míg az alacsonyabb szinteken jobban érvényesült a természet regenerációs képessége. Az erőmű közvetlen közelében található fenyőerdő a volatilis radionuklidok hatására jelentős károsodást szenvedett; az elpusztult, vöröses színű fák után a terület a Vörös-erdő nevet kapta¹²⁸. A civilizáció visszavonulásával a természet az elmúlt évtizedekben fokozatosan visszahódította a lezárt zónát: egyes állatpopulációk (farkas, hiúz, medve, madárfajok) megnövekedett számban jelentek meg a térségben¹²⁹.

A csernobili baleset súlyos tanulságokkal szolgált mind az atomenergetikai ipar, mind a katasztrófa-elhárítás szempontjából. Rámutatott a nukleáris technológiák biztonsági protokolljainak fontosságára, az emberi tényezők szerepére, valamint a lakosság sugárvédelmi tájékoztatásának és felkészítésének kritikus jelentőségére. A baleset hosszú távú hatásai – humán, ökológiai és pszichoszociális téren – máig hatnak, és alapvetően formálták a nukleáris biztonságról alkotott társadalmi és tudományos diskurzust világszerte. A katasztrófa a 2022 februárja óta zajló orosz-ukrán fegyveres konfliktus tükrében újabb aspektusból nyert jelentőséget: a lezárt zóna aktív katonai műveletek területévé vált, 2025 februárjában

¹²⁴ LiVolsi et al. 2011

¹²⁵ International Atomic Energy Agency 2006

¹²⁶ International Atomic Energy Agency 2006

¹²⁷ International Atomic Energy Agency 2006

¹²⁸ Steinhäuser – Brandl – Johnson 2014

¹²⁹ International Atomic Energy Agency 2006

dróntámadás érte a sérült 4-es reaktor köré épített betonstruktúrát¹³⁰. Bár a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség tájékoztatása alapján a csapás után nem mértek emelkedett sugárzási értékeket, az esemény rávilágít a fel nem számolható, csupán elszigetelhető káresemény kontrollálási forma vulnerabilitására.

1.6. Magyarország CBRN rizikótényezői

Általánosságban elmondható, hogy egy adott országot érintő CBRN kockázati tényezők több, egymással szorosan összefüggő komponensből állnak. A rizikóforrások közé tartozhatnak például az ipari létesítményekben alkalmazott vagy tárolt veszélyes vegyi anyagok, valamint a humán- és állategészségügyi rendszerekben jelen lévő, kutatás alatt álló patogének. A nukleáris és radiológiai jellegű potenciális veszélyekhez hozzájárulnak az energiatermelésben, gyógyászatban és kutatásban alkalmazott radioaktív anyagok. Emellett lehetséges veszélyforrást jelenthetnek a veszélyes anyagokat szállító járművek és a tárolásban vagy transzport folyamatban érintett infrastrukturális elemek (például közúti, vasúti, légi és csővezetékes szállítás eseteiben)¹³¹. Fontos komponens a jogszabályi és intézményi szabályozottság szintje, illetve a kockázatsökkentő és válaszadó kapacitások kiépítettsége¹³². A globális mobilitás és kereskedelem miatt a természetes vagy szándékos biológiai események behurcolása sem zárható ki. Növekvő jelentőséggel bír az éghajlatváltozás, amely új típusú kórokozók vagy vektorfajok megjelenéséhez vezethet¹³³. A nemzetközi konfliktusok okozta instabilitás tovább növelik a CBRN típusú incidensek, különösen a terrorizmus vagy szabotázs formájában megjelenő események kockázatát. Összességében tehát egy ország CBRN kitettsége ipari, egészségügyi, katonai, környezeti és társadalmi tényezők komplex interakcióján alapul.

Értelemszerűen a fenti rizikótényezők lokális formában hazánkban is jelen vannak, illetve globális folyamatok részeként érintik az országot, amelyeket érdemes az ágensek specifikumainak figyelembevételével áttekinteni, kiemelve az elhunytkezelés vonatkozó aspektusait¹³⁴.

¹³⁰ International Atomic Energy Agency 2025

¹³¹ Tóth – Muhoray – Pellérdi 2019

¹³² Kátai-Urbán – Vass 2023

¹³³ Halász – Földi 2014

¹³⁴ Farkas 2023

1.6.1. Vegyi jellegű rizikótényezők az elhunytkezelésben

A CBRN-fenyegetések közül jó eséllyel a vegyi ágensek képezik a legösszetettebb kategóriát, mivel rendkívül változatos anyagok tartozhatnak ide, amelyek tulajdonságaikban és összetételükben is jelentősen eltérnek egymástól. A hagyományosan vegyi fegyverként ismert vegyületek egyértelműen ide sorolhatók, azonban még ezen belül is számos alcsoport és különböző hatásmechanizmus létezik, amelyek a halottkezelés szempontjából is lényeges különbségeket hordoznak. Nem mindegy például, hogy egy elhunyt azonosításakor vagy boncolásakor szarinnal történt szennyeződés vagy mérgezés ellen szükséges védekezni, vagy „csupán” klórpikrinnel érintkezett az elhunyt halála előtt. A veszélyforrások megítélését tovább bonyolítja, ha a „veszélyes anyag” különböző meghatározásait is figyelembe vesszük. Az Európai Unióban, illetve Magyarországon hatályos jogszabályok alapján számos különböző kategóriába sorolható anyag tekinthető veszélyesnek, és ezek közül nem mindig egyértelmű, hogy melyek bírnak olyan tulajdonságokkal, amelyek a holttestek kezelése szempontjából kiemelt fontosságúak. Bár hazánk az 1997. évi CIV. törvény értelmében részese a 193 országot tömörítő Vegyifegyver Tilalmi Szervezet erőfeszítéseinek a vegyifegyverek kifejlesztésének, gyártásának, felhalmozásának és használatának tilalmával kapcsolatban, azonban a szomszédos területeken 2022 óta zajló az orosz-ukrán háború, valamint a korábbi terrorista cselekmények (például Tokióban, 1995-ben történt szarin támadás) tükrében nem szabad figyelmen kívül hagyni a definitív vegyifegyverek felbukkanásának lehetőségét sem. A jogszabály definíciója alapján: „1. „Vegyifegyverek” jelentik a következőket együttesen, vagy önállóan: (a) mérgező vegyületek és prekursoraik, kivéve ha azokat a jelen Egyezmény által nem tiltott célra szánják, amennyiben a fajtáik és mennyiségeik összhangban vannak az ilyen célokkal; (b) lőszer és eszközök, amelyeket kifejezetten halál vagy más ártalom okozására szánnak az (a) albekezdésben említett mérgező vegyületek mérgező tulajdonságai útján, amelyek az ilyen lőszer vagy eszköz alkalmazásának eredményeképpen szabadulnak fel; (c) bármely olyan szerkezet, amelyet kifejezetten a (b) albekezdésben meghatározott lőszer és eszközök alkalmazásával közvetlen kapcsolatban történő használat céljára szántak. 2. A „Mérgező vegyület” jelenti: Bármely vegyületet, amely az életfolyamatokra gyakorolt kémiai hatása útján embernél vagy állatnál képes halált, vagy ideiglenes cselekvésképtelenséget vagy tartós ártalmat okozni. Ez magába foglal minden ilyen vegyületet, tekintet nélkül azok eredetére vagy előállításának módjára, továbbá tekintet nélkül arra, hogy azok létesítményekben, lőszerben

vagy bárhol máshol keletkeznek. (A jelen Egyezmény végrehajtása szempontjából azokat a mérgező vegyületeket, amelyeket az ellenőrzési intézkedések alkalmazása céljából azonosítottak, a Vegyületek Mellékletének listái sorolják fel.)¹³⁵).

A toxikus ipari vegyi anyagok (*toxic industrial chemicals*, TIC), amelyek nem tekinthetők de facto vegyi fegyvernek, ennél nehezebben definiálhatók. Az Egyesült Államokbeli Occupational Safety and Health Administration (OSHA) meghatározásában, a toxikus ipari vegyi anyagok olyan gázok, folyadékok vagy szilárd halmazállapotú anyagok, amelyek egészségügyi kockázatot, fizikai kockázatot, vagy mindkettőt jelentenek¹³⁶. A TIC anyagok jelentette kockázatot az is magában foglalja, hogy ezen materiák általában: ipari vagy egészségügyi felhasználással jellemezhetők, emiatt nagy mennyiségben szállítják és árusítják őket.

Magyarországon 2016-ban összesen 122 felső, 132 alsó küszöbértékű, valamint 377 küszöbérték alatti veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem állt hatósági felügyelet alatt, emellett közel 950 gazdálkodó szervezetet azonosítottak be, amelyek ilyen anyagokat gyártanak, tárolnak vagy dolgoznak fel¹³⁷. Bár ezek a számok önmagukban nem nyújtanak közvetlen támpontot a halottak kezelésének megtervezéséhez, mégis fontos kérdéseket vetnek fel: például, hogy a veszélyes üzemek körzetében működő, kijelölt egészségügyi szolgáltatók mennyire vannak felkészülve nemcsak a sérültek ellátására, hanem az elhunytak kezelésére is egy esetleges baleset során. A veszélyes anyagokkal szennyezett minták, holttestek különböző védőfelszerelések alkalmazását tehetik szükségessé a post mortem munkavégzés során, amelyhez ismerni kell az ágens fizikokémiai tulajdonságait. Ez előrevetíti a kétirányú kommunikáció fontosságát, kiemelten a prevenció vonatkozásában. Az a tény, hogy hazánkban több száz veszélyes anyaggal dolgozó üzem működik, valamint ilyen anyagokat rendszeresen szállítanak közúton, vasúton, belvízi, légi és csővezetékes útvonalakon, indokoltá teszi, hogy a humánegészségügyi felkészülés részét képezze az esetleges halálesetekre való felkészülés is. Magyarországon 2012 és 2022 között 43 olyan közúti veszélyes anyag szállítással kapcsolatos baleset következett be, ahol: „a veszélyes áru kiszabadult; kiszabadulásának közvetlen veszélye állt fenn; vagy az anyag eltávolítása (átfejtése) vált szükségessé az esemény kezeléséhez”¹³⁸.

¹³⁵ 1997. évi CIV. törvény a vegyifegyverek kifejlesztésének, gyártásának, felhalmozásának és használatának tilalmáról, valamint megsemmisítéséről szóló, Párizsban, 1993. január 13-án aláírt egyezmény kihirdetéséről

¹³⁶ Occupational Safety and Health Administration 2022

¹³⁷ Tóth – Muhoray – Pellérdi 2019

¹³⁸ Almási 2025

Ezek közül 2 esetben történt elhalálozás, azonban a holttest veszélyes anyaggal nem kontaminálódott az elérhető információk alapján¹³⁹.

A vegyi anyagok halottkezelés szempontjából legfontosabb jellemzői a következők: pontos kémiai összetétel, toxicitás típusa, halmazállapot, perzisztencia (hosszú ideig való jelenlét a környezetben), valamint semlegesíthetőség. A műveleti tervezést befolyásolja továbbá, hogy léteznek-e az adott anyagra vonatkozó megelőző vagy terápiás antidotumok, illetve, hogy az elhunyt szennyeződése külső, belső vagy kevert formában valósult-e meg.

	Baleset			Szándékos cselekmény		
Káresemény formája	szállítás	tárolás	felhasználás	terrorcselekmény	katonai művelet	öngyilkosság / emberölés
Jellemző vegyi anyag	ipari vegyi anyag			ipari vegyi anyag/vegyszer		
Potenciális áldozatok száma	$1 \leq x \leq 10000$			$1 \leq x \leq 100000$		$1 / 1 \leq x \leq 10$

1. sz. táblázat: Vegyi katasztrófák lehetséges formái. (A potenciális áldozatok számánál feltüntetett felső érték tájékoztató jellegű, elsősorban a mechanizmusok közti súlyozást szolgálja¹⁴⁰; saját szerkesztésű táblázat)

I.6.2. Biológiai jellegű rizikótényezők az elhunytkezelésben

Az egészségügyi ellátás, illetve a post mortem tevékenységek során leggyakrabban biológiai eredetű veszélyforrásokkal kell számolnunk. Ez a mindennapi gyakorlat jelentős elméleti tudásanyag és tapasztalat kialakulását eredményezi, ugyanakkor bizonyos esetekben alábecsüléshez, hamis biztonságérzet kialakulásához vezethet – ez utóbbi kockázat mindenképpen kerülendő. A fertőző betegségekkel összefüggő intézkedések, hasonlóan a veszélyes vegyi anyagokra vonatkozó szabályozáshoz, viszonylag jól meghatározott jogi keretek között zajlanak. Mindazonáltal, annak ellenére, hogy a kérdés szorosan kapcsolódik az

¹³⁹ Almási 2025

¹⁴⁰ Farkas 2023

egészségügyi ellátáshoz, valamint az elhunytakkal végzett eljárásokhoz, a vonatkozó jogszabályi környezet, mint az az értekezés bevezetésének 7. pontjánál bemutatásra került, csupán részeiben ad iránymutatást a fertőző betegségekben elhunytak kezeléséhez.

A hazánkban előforduló kórokozókról a Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ heti jelentéseiből tájékozódhatunk¹⁴¹. A jelentésekben rendszeresen beszámolnak a járványügyi szempontból kiemelt jelentőségű eseményekről, illetve a hazai környezetben „natívan” előforduló esetek mellett a külföldről behurcolt fontosabb fertőzések (például vírusos vérzések különböző kázusai) is feltüntetésre kerülnek. Fontos megemlíteni, hogy komoly jövőbeli kockázatot jelenthet az éghajlatváltozás, amely lehetővé teheti olyan kórokozók tartós fennmaradását, amelyek korábban nem voltak endémiásak Magyarországon¹⁴². Említhető például, hogy már évekkel ezelőtt megjelent hazánkban a krími-kongói vérzések láz vektoraként funkcionáló kullancsfaj¹⁴³, amelynek tükrében csak idő kérdése, mikor követi potenciális terjesztőjét maga a vírus is.

Szintén érdemes lehetséges rizikótényezőként megemlíkezni arról, hogy Magyarországon 2 db 4-es szintű biológiai biztonsági besorolással (*biosafety level 4, BSL4*) rendelkező laboratórium üzemel (Budapesten, illetve Pécsen), amelyekben a legveszélyesebb kórokozók is adott a lehetőség vizsgálatok, kutatási eljárások végrehajtásához. Ezen laboratóriumokban, hasonlóan a veszélyes vegyi üzemekhez, radioaktív anyagokkal dolgozó létesítményekhez, szintén előfordulhatnak balesetek, vagy szándékos cselekmények.

A biológiai ágensek halottkezelés szempontjából releváns jellemzői közé tartozik a pontos rendszertani besorolás mellett a terjedési mód, a kórokozó post mortem túlélési képessége, az infektív dózis, valamint a szerv- és szövetpreferencia. Ezek mellett, hasonlóan a veszélyes vegyi anyagokhoz, kiemelten fontos a preventív és terápiás intervenciók lehetőségei ismerete is.

	Sporadikus esetek		Természetes járványok		Szándékosan előidézett fertőzések	
Káresemény formája	hazai előfordulás	importált eset	primer	egyéb káreseményhez társuló	bioterrorizmus	katonai művelet

¹⁴¹ Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ

¹⁴² Halász – Földi 2019

¹⁴³ Krupincza 2018

Jellemző biológiai ágens	baktérium, vírus, gomba, protozoon, prion	természetes eredetű baktérium, vírus	természetes eredetű/módosított baktérium, vírus, toxin
Potenciális áldozatok száma	1	$1 \leq x \leq 10000$	$1 \leq x \leq 100000$

2. sz. táblázat: Biológiai események lehetséges formái¹⁴⁴ (saját szerkesztésű táblázat)

Betegség	Esetszám 2016-2020	Inkubációs idő	Biofegyverként kijuttatási mód	Eset halálozási ráta	Védőoltás	Specifikus kezelés
Vírusos haemorrhagiás láz	114*	2-21 nap	aeroszol	15-90%	van/nincs	nincs
Tularemia	94	1-14 nap	aeroszol	2-24%	vizsgálat alatt	van
Botulizmus	19	12-36 óra	aeroszol	1-60%	Nincs	van
Anthrax	4	1-60 nap	aeroszol szabotázs	5-45%	Van	van
Feketehimlő	0	7-19 nap	aeroszol	30%	Van	vizsgálat alatt
Pestis	0	1-6 nap	aeroszol vektor	1-60%	Van	van

3. sz. táblázat: CDC „A” kategóriájú biológiai fegyvernek minősülő fertőző betegségek előfordulása Magyarországon; a csillaggal jelöltek importált esetek. (A táblázatban szereplő adatok a Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, továbbá a Centers for Disease Control and Prevention vonatkozó anyagaiból, valamint Dr. Faludi Gábor Ph.D. értekezésében foglaltak alapján kerültek összeállításra¹⁴⁵; saját szerkesztésű táblázat)

¹⁴⁴ Farkas 2023

¹⁴⁵ Faludi 2012; Nemzeti Népegészségügyi Központ Járványügyi és Infekciókontroll Főosztály 2016-2020; Farkas 2023

1.6.3. Sugárzó anyagokkal kapcsolatos rizikótényezők az elhunytkezelésben

A radioaktív anyagokkal végzett tevékenységek – legyen szó a szakirodalomban és jogszabályokban elkülönített radiológiai vagy nukleáris szegmensről – a veszélyes anyagokhoz hasonlóan szigorú hazai és nemzetközi szabályozás alá tartoznak. Magyarországon jelenleg több jelentős létesítmény működik, köztük a Paksi Atomerőmű négy energiatermelő blokkja, a Kiegett Kazetták Átmeneti Tárolója, a Budapesti Kutatóreaktor, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatóreaktora, a Püspökszilági Radioaktív Hulladékfeldolgozó és Tároló, valamint a Bataapátiban található radioaktív hulladék-tároló¹⁴⁶. Emellett 2015-ben öt radioaktív izotópot előállító létesítmény és 33, betegforgalommal nem rendelkező izotóplaboratórium is működött az országban¹⁴⁷.

Nem elhanyagolható az a tény sem, hogy az egészségügyi gyakorlatban – mind diagnosztikus, mind terápiás célból – napi rendszerességgel történik radionuklidok felhasználása, ami tovább növeli annak valószínűségét, hogy a post mortem eljárások során radioaktív anyaggal kontaminált elhunytal kerüljünk kapcsolatba. A nemzetközi szakirodalomban több, halálesethez köthető példát is találunk, amelyek között egyaránt szerepelnek súlyos balesetekhez (például a goiâniai incidens) és egészségügyi ellátásokhoz köthető eseteleírások.

A radioaktív anyagokkal való kontamináció gyanúja esetén kiemelten fontos az anyag mielőbbi, pontos azonosítása. A halottkezelési folyamatok szempontjából releváns jellemzők közé tartozik a radioaktív bomlás típusa, az aktivitás mértéke, valamint a fizikai és biológiai felezési idő. Ezen túlmenően – hasonlóan a vegyi ágensekhez – meghatározó jelentőségű az elhunyt szennyezettségének mechanizmusa (külső, belső vagy kevert kontamináció), illetve az adott sugárzó izotóppal szembeni specifikus antidótumok rendelkezésre állása vagy hiánya.

	Nukleáris		Radiológiai		
Káresemény formája	baleset	nukleáris fegyver bevetése	baleset	terrorcselekmény (piszkos bomba)	öngyilkosság / emberölés

¹⁴⁶ Tóth – Muhoray – Pellérdi 2019

¹⁴⁷ Tóth – Muhoray – Pellérdi 2019

Jellemző radionuklidok	U-235, Pu-239, Cs-137, Sr-89, Sr-90, I-131		Tc-99m, F-18, I-131, Y-90, Sr-89, Co-60, Ir-192, Po-210		
Potenciális áldozatok száma	$1 \leq x \leq 1000$	$1000 \leq x \leq 1000000$	$1 \leq x \leq 100$	$1 \leq x \leq 100$	$1 / 1 \leq x \leq 10$

4. sz. táblázat: Radiológiai és nukleáris események lehetséges formái¹⁴⁸ (saját szerkesztésű táblázat)

1.7. Esettanulmány: A 2010-es vörösiszap katasztrófa

2010. október 4-én Magyarország egyik legsúlyosabb ipari és környezeti katasztrófája következett be, amikor a Veszprém megyei Ajka térségében található, a MAL Zrt. üzemeltetésében álló vörösiszap-tározó gátszerkezete átszakadt¹⁴⁹. A X. számú kazettából a becslések szerint 600-1000 ezer köbméter erősen lúgos, toxikus ipari melléktermék – ún. vörösiszap – ömlött ki; a katasztrófában Kolontár és Devecser települések a legsúlyosabban érintettek, de a vörösiszap elérte Somlóvásárhely, Somlójenő, Tüskevár, Apácatorna és Kisberzseny településeinek egyes részeit is¹⁵⁰. A gátszakadás következményeként 123 fő sérült meg, összesen 64-en igényeltek hospitalizációt, közülük 12 személy állapotát minősítették súlyosnak; fontos kiemelni, hogy az elsődleges beavatkozók közül 12 fő (4 tűzoltó, 8 rendőr) szorult rövid kórházi ellátásra¹⁵¹. A sérülési mintázatban főként kémiai égési sérülések, illetve trauma szerepelt. A katasztrófában tíz ember életét veszítette¹⁵²; a post mortem vizsgálatok lefolytatásának módjáról írásos dokumentum nem jelent meg. A kiömlött iszap összesen mintegy 1000 hektáros területet szennyezett be, súlyos környezeti, ökológiai és gazdasági károkat okozva¹⁵³.

A vörösiszap a bauxit timfölddé történő feldolgozása során visszamaradó, nagyrészt vas-oxidot, alumínium-oxidot, titán-oxidot, szilícium-dioxidot és nehézfémeket (pl. króm,

¹⁴⁸ Farkas 2023

¹⁴⁹ Vágföldi 2011; Jávor – Hargitai 2011

¹⁵⁰ Jávor – Hargitai 2011

¹⁵¹ Vágföldi 2011

¹⁵² Vágföldi 2011; Jávor – Hargitai 2011

¹⁵³ Jávor – Hargitai 2011

arzén, kadmium, higany) tartalmazó lúgos kémhatású (pH ~12-13) zagy¹⁵⁴. A katasztrófa idején kiömlött zagy fizikai tulajdonságai (relatív nagy sűrűség, nagy sebességű áramlás) és erősen lúgos kémhatása együttesen járultak hozzá a jelentős személyi sérülésekhez és infrastrukturális károkhoz. A katasztrófát követően az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, a honvédség, valamint különböző civil és tudományos szervezetek is bekapcsolódtak a felmérési és kárelhárítási munkálatokba¹⁵⁵.

A kiömlött anyag jelentős mennyiségben jutott be a Torna-patakba, illetve ezen keresztül a Marcal folyóba, az élővilág nagyarányú megsemmisüléséhez, illetve élőhely-degradációhoz vezetve¹⁵⁶. A talaj szennyeződése elsősorban a lúgos kémhatás és a nehézfémek potenciális lerakódása és halmozódása révén jelentett kockázatot, emiatt egyes mezőgazdasági területeket hosszabb távra művelés alól ki kellett vonni. A közvetlen beavatkozások során több százezer köbméter szennyezett földet távolítottak el, és nagyszabású rekultivációs programok indultak el a térségben¹⁵⁷.

A lakosságra gyakorolt hatás nemcsak fizikai, hanem pszichoszociális vonatkozásban is jelentős volt: az otthonukat elvesztő vagy lakóhelyük elhagyására kényszerülő emberek körében vizsgálták poszttraumás stressztünetek, szorongásos zavarok megjelenését és súlyosságát¹⁵⁸. A hatósági és tudományos elemzések hosszú távon is hangsúlyozzák a megelőzés, az ipari tárolók állapotának rendszeres ellenőrzése, valamint a veszélyes hulladékok környezeti kockázatértékelésének elengedhetetlen szerepét¹⁵⁹.

A 2010-es ajkai vörösiszap katasztrófa nemcsak a hazai, hanem a nemzetközi közvélemény figyelmét is ráirányította a veszélyes ipari melléktermékek kezelésének és tárolásának problémáira. A katasztrófa nyomán szigorodtak a hazai iparbiztonsági szabályozások, megerősödtek a hatósági ellenőrzések, és új eljárásrendeket vezettek be a potenciális veszélyforrások azonosítására és kezelésére. A történetek egyértelművé tették, hogy az ipari eredetű környezeti katasztrófák elleni védekezés kulcsa a prevenció, a transzparens kockázatkezelés, valamint a lakosság környezeti tudatosságának erősítése.

¹⁵⁴ Vágföldi 2011

¹⁵⁵ Vágföldi 2011; Jávor – Hargitai 2011

¹⁵⁶ Vágföldi 2011; Jávor – Hargitai 2011

¹⁵⁷ Vágföldi 2011; Jávor – Hargitai 2011

¹⁵⁸ Mozer 2014

¹⁵⁹ Jávor – Hargitai 2011

1.8. Részkövetkeztetések

A bemutatott esettanulmányok rávilágítanak a CBRN incidensek komplex mivoltára, valamint arra, hogy az ilyen típusú káresemények kezelése nem képzelhető el a különböző tudományterületek és szakágak szoros együttműködése nélkül. Az inter- és multidiszciplináris szemlélet nem csupán a beavatkozások hatékonyságát növeli, hanem alapjaiban meghatározza a felszámolási folyamat egészének sikerességét. A tapasztalatok azt mutatják, hogy az érintett szervezetek – legyen szó katasztrófavédelemről, egészségügyi ellátórendszerről, rendvédelmi szervekről vagy éppen igazságügyi szakértői hálózatról – kizárólag összehangolt, egymás tevékenységeit ismerő és kölcsönösen támogató módon képesek hatékony válaszlépéseket tenni. Ez a koordinációs igény a káresemények minden aspektusára kiterjed, így különös figyelmet érdemel a halottkezelés kérdésköre is, amely nem pusztán etikai és jogi, hanem logisztikai és közegészségügyi szempontból is kiemelt jelentőségű terület.

A múltban bekövetkezett katasztrófák tudományos igényű feldolgozása lehetőséget nyújt arra, hogy a megelőzés érdekében feltárjuk a kritikus biztonsági hiányosságokat, rendszerszintű problémákat és azokat az emberi mulasztásokat, amelyek hozzájárultak a helyzet kialakulásához. Az ilyen jellegű elemzések nemcsak retrospektív tanulságokat hordoznak, hanem proaktív módon hozzájárulnak a jövőbeni kockázatcsökkentéshez is. A katasztrófakezelési tapasztalatok értékelése során kirajzolódnak azok a vezérelvek és működési protokollok, amelyek a hatékony krízismenedzsment alapját képezhetik.

A feltárt tanulságok szilárd teoretikus alapként szolgálhatnak a jövőbeli felkészülési folyamatok számára. Szimulációs gyakorlatok, tréningek és komplex gyakorlati felkészítések során lehetőség nyílik arra, hogy a különböző szervezetek – valós helyzetet modellezve – teszteljék az együttműködés hatékonyságát, és célzottan kezeljék az interoperabilitásban jelentkező problémákat. Az ilyen gyakorlatok kiemelkedő szerepet játszanak a közös reagálási képesség fejlesztésében, különösen abban az esetben, ha a felkészítés valós példákon és elemzett eseteken alapul, amelyek hitelesen reprezentálják a potenciális kihívásokat és döntéshozatali dilemmákat. Ennek révén a vészhelyzeti válaszadás nem csupán gyorsabbá, de strukturáltabbá és transzparenssebbé is válhat, amely hosszú távon a társadalmi reziliencia erősödéséhez vezethet.

2. A CBRN halottkezelés infrastrukturális, védőfelszerelés igényei és személyi feltételei

2.1. A post mortem vizsgálatok minimumfeltételeinek jogszabályi háttere

Az értekezés bevezetésében, valamint az I. fejezetben bemutatott, komplex egészség- és környezetkárosító képességből fakadóan a veszélyes vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris ágensekkel folytatott munkavégzés speciális infrastrukturális, egyéni védőfelszerelésbeli és személyi feltételeket követel, amely természetesen vonatkozik a post mortem eljárásokra is. Ezek mibenlétének feltárásához ismét az alapoktól szükséges indulni, azaz áttekinteni, hogy a jogszabályi keretrendszer, valamint a nemzetközi szakirodalom milyen általános támpontokat szolgáltat, amelyek a halottkezelés kérdését illetően is relevánsak lehetnek.

A Magyarországon jelenleg érvényes szabályozás kulcsdokumentuma az egészségügyi szolgáltatások nyújtásához szükséges szakmai minimumfeltételekről szóló 60/2003. (X. 20.) ESzCsM rendelet, amely a szakirodalmi összefoglalóban már említésre került. Ebben a jogszabályban szakmaspecifikus bontásban, ún. progresszivitási szintekre osztva ismerhető meg a különböző diszciplínák személyi és tárgyi feltételrendszere¹⁶⁰. Az értekezés témájához relevánsan kapcsolódó szakterületként az igazságügyi orvostan, valamint a patológia nevezhető meg; előbbi a szakmai minimumfeltételek vonatkozásában jelentős átfedést mutat az utóbbival. A rendelet I. melléklete az igazságügyi orvostan cím alatt úgy fogalmaz: „A boncolások végzéséhez a patológiai minimumfeltételek boncolásokra vonatkozó I. ellátási szintnek megfelelő minimumfeltételek biztosítása szükséges. Kórszövettani vizsgálatok végzése tekintetében a szövettani vizsgálat szokásos feldolgozási módszerrel patológiai minimumfeltételek biztosítása indokolt.”¹⁶¹ Az alább csatolt táblázatok továbbá a következőket ismertetik:

¹⁶⁰ 60/2003. (X. 20.) ESzCsM rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtásához szükséges szakmai minimumfeltételekről

¹⁶¹ 60/2003. (X. 20.) ESzCsM rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtásához szükséges szakmai minimumfeltételekről

Igazságügyi orvostan minimumfeltételei	
A boncolás helyén szövettani feldolgozás nem történik	
Személyi feltételek:	
Igazságügyi orvostan szakorvos	2
Boncmester	2
Boncsegéd	1
Takarító személyzet	1
A boncolások tárgyi feltételei:	
Irodahelyiség	18 m ²
Boncmesteri szoba és mellékhelyiség	20 m ²
Halott bemutató helyiség	10 m ²
Hozzáértő fogadására szolgáló helyiség külön bejárat	10 m ²
Bonctermi raktár	5 m ²
Bonctermi öltöző helyiség	10 m ²
Boncterem (kb. 60 m ² /db asztal)	2
Tetemhűtő előtérrel	24 m ²
Gép- és műszerpark	
Boncasztal	2
Tetemszállító kocsik	2
Diktafon	1 db/orvos, 1 db/adminisztrátor
Fotomikroszkóp	1
Fertőtlenítő berendezés	1
Makrofotó berendezés	1
Videoprojektor	1
Vibrációs bonctermi csontfűrész	1 db/asztal
Bonctermi műszerkészlet	3

5. sz. táblázat: Igazságügyi orvostan minimumfeltételei, amennyiben a boncolás helyén szövettani feldolgozás nem történik¹⁶²

A szövettani minták feldolgozásának helyén:	
Személyi feltételek:	
Citológiai/hisztokémiai, immunhisztokémiai szakasszisztens/orvosdiagnosztikai, laboratóriumi technológus/kémiai laboratóriumi szakasszisztens	1 fő/3000 blokk
Tárgyi feltételei:	
Formalinos anyagraktár	10 m ²
Szervmaradvány tároló	10 m ²
Gép- és műszerpark:	
Beágyazó asztal elszívóval	1
Centrifuga	1
Discussios mikroszkóp	1
Kryosztát	1
Mikrotom	1/3000 blokk
Paraffinos kiágyazó	1
Szövettani indítóasztal elszívóval	1
Termosztát	1

6. sz. táblázat: Igazságügyi orvostan minimumfeltételei a szövettani vizsgálat helyén¹⁶³

¹⁶² 60/2003. (X. 20.) ESzCsM rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtásához szükséges szakmai minimumfeltételekről

¹⁶³ 60/2003. (X. 20.) ESzCsM rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtásához szükséges szakmai minimumfeltételekről

Igazságügyi toxikológia minimumfeltételei	
Személyi feltételek:	
Toxikológus igazságügyi szakértő (toxikológiai szakgyógyszerész/gyógyszerész vegyészmérnök alapképzettséggel)	1
Kémiai laboratóriumi szakasszisztens/orvosdiagnosztikai, laboratóriumi technológus	2
Takarító személyzet	1
Tárgyi feltételek:	
Laboratórium elszívóval ellátott vegyi fülkével (minták, illetve biológiai anyagok előkészítéséhez)	2x25 m ²
Laboratórium (műszeres mérésekhez)	25 m ²
Késes homogenizátor	1
Centrifuga	2
Vízfürdő	1
Bepárló készülék	1
Száritószekrény	1
Mérleg különböző érzékenységekkel	3
Spektrofotométer	1
UV lámpa	1
Gázkromatográf FID és NPD detektorral	1
Gázkromatográf – tömegspektrográf	1
Block heater	1
Hűtőszekrények vagy hűtőkamra	igény szerint
Mélyhűtő szekrény	1
Üvegedények, laboratóriumi kisműszerek	igény szerint

7. sz. táblázat: Igazságügyi toxikológia minimumfeltételei¹⁶⁴

A jogszabályban megfogalmazottak tekintetében érdemes kiemelni, hogy a boncolás gép- és műszerpark igényénél fertőtlenítő berendezést említenek, azonban az autopszia biztonságosságát emelő egyéb kritériumot a táblázat nem definiál. A szövettani minimumfeltételek között megjelenik az elszívóval felszerelt szövettani indítóasztal, valamint az igazságügyi toxikológia tárgyi feltételei között fellelhetjük az elszívóval ellátott vegyi fülkére vonatkozó igényt, de specifikus, nemzetközi standardok mentén értelmezhető megköttést nem említ a jogszabály.

A helyzet hasonló a patológia és kórszövettan diszciplína szakmai minimumfeltételei tekintetében. A „helyiségek, alapterületek” tárgyi kritériumai között fellelhető a „zsilipszerű átöltöző kézmosóval, tusolóval” meghatározás; CBRN halottkezelésben a „zsilipszerűség”, mint azt a később részletesen leírásra kerülő, nemzetközi szakirodalmi ajánlásokból láthatjuk, nem értelmezhető biztonsági kritériumként, legfeljebb kegyeleti, vagy minimális higiénés elvárásként. A boncolásra vonatkozó tárgyi minimumfeltételek között megjelenik továbbá a „légcserélő rendszer” kifejezés, amely kevésbé specifikus igényt deklarál, ha megfontoljuk, mennyire lehet épületgépészeti aspektusból bonyolult egy helyiség légtechnikája. Ugyanakkor

¹⁶⁴ 60/2003. (X. 20.) ESzCsM rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtásához szükséges szakmai minimumfeltételekről

a táblázatban nem szerepel ebben a formában az igazságügyi orvostan autopsziás kritériumai közül a „fertőtlenítő berendezés”, csupán a fertőtlenítőszer, amely valamelyest alacsonyabb biológiai biztonsági előírás szükségességét sugallja.

Boncolás minimumfeltételei (5400)			
	Progresszivitási szint		
	I.	II.	III.
Személyi feltételek:			
Szakorvos	1/200 boncolás (35%-os boncolási arány mellett)		1/150 boncolás (35%-os boncolási arány mellett)
Szövettani szakasszisztens	1/8 000 blokk		
Boncmester, boncsegéd	2	3	3
Tárgyi feltételek:			
Boncasztal	X		
Fejtámasz	X		
Tetemszállító kocsi	X		
Tetemhűtő évi 50 holttestenként 1 férőhelyes	X		
Boncasztalonként 2 teljes bonckészlet	X		
Légcserélő rendszer	X		
Rezgőfűrés (boncasztalonként/legalább 2)	X		
Merőkanál	X		
Védőruha	X		
Műanyagvödör tetővel (agyak tárolására)	X		
Mérőszalag	X		
Bonctálca	X		
Boncvarrótű	X		
Mérőhenger	X		
Fotótál	X		
Gyorsmérleg	X		
Fényképezőgép	X		
PC rendszer	X		
Diktafon	X		
Vegyszerek, fertőtlenítőszer, egyszerűhasználatos eszközök	X		

8. sz. táblázat: Boncolás minimumfeltételei a patológia és kórszövettan diszciplína vonatkozásában¹⁶⁵

Érdemes még kiemelni a boncolás mellett a kórszövettani (hisztológiai) és citopatológiai feltételek között megjelenő kifejezést, a „védőruhát”. A táblázatban további részletezés erre vonatkozóan nem található; sem a bőrvédelem, sem a légzésvédelem, de még az általános logika diktálta megfogalmazás, úgymint például a „használt vegyszerek, vagy jelenlévő veszélyes anyagok, kórokozók ellen adekvát védelmet biztosító védőruha” sem került feltüntetésre. Véleményem szerint ez azért különösen fontos, mert klasszikus formáját teremtheti a hamis biztonságérzetnek: „van egyfajta védőruha, az biztos minden ellen megvéd”,

¹⁶⁵ 60/2003. (X. 20.) ESzCsM rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtásához szükséges szakmai minimumfeltételekről

együttal megfelel a szolgáltató a szakmai minimumfeltételeknek. Univerzális védőfelszerelés sajnos nem létezik, de még olyan sem, amely minden, a rutin post mortem munkafolyamatok alatt potenciálisan előforduló ágens ellen védene. Könnyű belátni, hogy például egy részecskeszűrő félálarc, amely megóvhat a boncteremben a *Mycobacterium tuberculosis* belélegzésétől, nem nyújt elegendő védelmet a formalingőz, vagy xilol ellen. A probléma lényege azonban nem is feltétlenül csak a megszokások és anekdoták mentén végzett rutin munkafolyamatok („úgysem veszélyes a formalingőz, az anatómusoknak sincs semmi baja tőle; kinyitjuk a boncterem ablakát, van szellőzés és máris nem fertőz meg a COVID”) kapcsán adódik, hanem abból fakad, hogy a veszélyek relativizálásával és bagatellizálásával sérül a lehetősége a biztonsági előírások begyakorlásának és betartatásának. Definitív CBRN eseményben a „békeidőben így szoktuk, most is jó lesz így” empirikus hozzáállás nem lesz tartható, súlyos sérüléshez, betegséghez, akár halálhoz vezethet.

Léteznek azonban olyan nemzetközi standardok, amelyek mentén kialakítható biztonságos CBRN post mortem műveleti kritériumrendszer. Bár a vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris veszélyes ágensek számtalan tulajdonságukban eltérhetnek egymástól, az ellenük történő védekezés bizonyos alapelvei hasonlóak maradnak. Kézenfekvő tehát, hogy a laboratóriumokban világszerte bizonyítottan és hatékonyan működő biológiai biztonsági szintekből (*biosafety level*, *BSL-1-4*) induljunk ki a szükséges óvintézkedések megismeréséhez.

2.2. A biológiai biztonsági szintek

Az Amerikai Egyesült Államok Járványügyi és Betegségmegelőzési Központja (*Centers for Disease Control and Prevention*, *CDC*) négy, egymásra épülő és fokozatosan szigorodó biológiai biztonsági szintet állapított meg, a hozzájuk tartozó ajánlásokkal együtt¹⁶⁶. A szintekhez meghatározott gyakorlatok, eljárások, személyi és tárgyi követelmények társulnak, továbbá kórokozó tulajdonságaik és veszélyességük alapján a különböző mikróbák is kategorizálhatók a biztonsági szintek mentén. Az emberi mintákkal végzett klinikai munka általában a BSL-2 szintű követelmények szerint történik, jóllehet a klinikai minták fertőző jellege sok esetben nem ismert¹⁶⁷. A CDC által megfogalmazott irányelvek és ajánlások szigorú

¹⁶⁶ Centers for Disease Control and Prevention – National Institutes of Health 2020

¹⁶⁷ Ta – Gosa – Nathanson 2019

betartása elősegíti a biztonságos munkakörülmények kialakítását, mind humánegészségügyi értelemben, mind a környezet védelmének vonatkozásában.

A BSL szintek ismertetése azért lényeges kutatási témám szempontjából, mert ezek az ajánlások nem képezik szerves részét a post mortem fókuszú diszciplínák ismeretanyagának, sem graduális, sem posztgraduális szinten. Ebből fakadóan, bár a gyakorlatban találkozhatunk a boncteremben például veszélyes kórokozókkal, a valóban biztonságos munkavégzést megteremtő körülményeket nem ismerjük kellő alapossággal. Vonatkozó hatályos magyar jogszabály elérhető ugyan, azonban az alább bemutatásra kerülő részletességgel a rendeletben és mellékleteiben sem kerülnek leírásra az adott BSL szintek kritériumai¹⁶⁸.

2.2.1. Az 1-es biológiai biztonsági szint (BSL-1)

Az 1-es biológiai biztonsági szint (BSL-1) a legalacsonyabb kockázati kategóriát képviseli. Jellemzően olyan mikrobákon végzett munkát, illetve eljárásokat foglal magában, amelyek tulajdonságai jól ismertek; az ide sorolt ágensek egészséges felnőtt emberekben nem okoznak betegséget. Fontos továbbá, hogy ezen mikrobák általában minimális környezeti kockázatot jelentenek. Példaként említhetők: *Bacillus subtilis*, *Naegleria gruberi*, *Saccharomyces cerevisiae* és az *Escherichia coli* bizonyos törzsei¹⁶⁹. A BSL-1 szintű munkafolyamatok különleges izoláló berendezéseket nem igényelnek. A CDC ajánlásai alapján az alábbiakat foglalja magában a szint:¹⁷⁰

2.2.1.1. BSL-1 gyakorlatok és eljárások

- Kézmosás kötelező minden potenciálisan veszélyes anyaggal végzett munka után, valamint a laboratórium elhagyása előtt.
- Tilos az étkezés, ivás, dohányzás, kontaktlencse-kezelés, kozmetikumok használata és élelmiszerek tárolása a laboratóriumi térben. A laboratóriumi használatra szánt hűtőszekrényeket és fagyasztókat egyértelműen jelölni kell.
- Pipettázás szájjal tilos, csak kézi eszközök használhatók.

¹⁶⁸ 61/1999. (XII. 1.) EüM rendelet a biológiai tényezők hatásának kitett munkavállalók egészségének védelméről

¹⁶⁹ Ta – Gosa – Nathanson 2019

¹⁷⁰ Ta – Gosa – Nathanson 2019; Centers for Disease Control and Prevention – National Institutes of Health 2020

- A szűrő-vágó eszközök, például üveg pipetták, tűk, szikék alkalmazását minimalizálni kell, használatuk során biztonságos tűkezelési gyakorlat (pl. tűk visszazárása tilos, használt tűk átszűrhatatlan tárolóban történő gyűjtése) fogantatosításával csökkenthető a balesetek előfordulásának valószínűsége.
- A vizsgált anyagok fröccsenését és aeroszol képződését minimalizálni kell.
- A munkafelületek fertőtlenítése szükséges minden BSL-1 szintű ágenssel végzett folyamatot követően.

2.2.1.2. BSL-1 biztonsági felszerelések

BSL-1 laboratóriumokban nincs szükség speciális izoláló berendezésekre, például biológiai biztonsági fülkékre (*biosafety cabinet, BSC*). Elsősorban az alábbi egyéni védőfelszerelések javasoltak:

- Általános laboratóriumi köpeny viselése ajánlott.
- Védőszemüveg használata kötelező, ha olyan eljárás történik, amely aeroszol képződéssel vagy veszélyes anyag fröccsenésének kockázatával jár.
- Védőkesztyű használata javasolt minden veszélyes vagy potenciálisan veszélyes anyag kezelése során, a kéz védelme érdekében. A kesztyűt szennyeződés vagy sérülés esetén cserélni kell. A kesztyűk nem használhatók újra, és latexérzékenység esetén más anyagból készült, de megfelelő védeltséget nyújtó kesztyűknek is rendelkezésre kell állniuk. A laboratórium elhagyása előtt minden esetben kötelező a kézmosás.

2.2.1.3. BSL-1 laboratóriumi infrastruktúra

- Kézmosásra alkalmas mosdónak rendelkezésre kell állnia.
- Az ajtóknak lehetővé kell tenniük a munkatér elkülönítését az intézmény többi részétől, valamint hozzáférés-szabályozási funkciót kell ellátniuk, azaz illetéktelen személy nem tartózkodhat a laborban.

- A laboratóriumi munkafelületnek ellenállónak kell lennie a vízzel, hővel, szerves oldószerekkel, savakkal és lúgokkal szemben. A laboratóriumi székeknek nem porózus anyagból kell készülniük, és könnyen tisztíthatóknak, fertőtleníthetőknak kell lenniük.

2.2.2. Biológiai biztonsági szint 2 (BSL-2)

A 2-es biológiai biztonsági szint (BSL-2) az 1-es szint biztonsági előírásaira és gyakorlatára épül. Az ebbe a kategóriába tartozó biológiai ágensek mérsékelt kockázatot jelentenek a környezetre és a laboratóriumi személyzetre bőrkontaktus, belégzés vagy lenyelés révén megvalósuló, véletlen expozíció esetén. Ilyen mikroba például a *Staphylococcus aureus*, illetve a *Salmonella* fajok többsége¹⁷¹. Ezen laboratóriumokban a munkaterületre bejutást korlátozni szükséges, és minden olyan eljárást, amely során fertőző vagy potenciálisan fertőző aeroszol vagy fröccsenés keletkezhet, biológiai biztonsági fülkében kell végezni. A BSL-2 szintet képviselő intézkedések az alábbiak:¹⁷²

2.2.2.1. BSL-2 gyakorlatok és eljárások

- A laboratóriumba történő bejutást korlátozni kell, amennyiben BSL-2 szintű veszélyes ágensekkel folytatott munkavégzés zajlik.
- Jól látható módon elhelyezett, megfelelő figyelmeztető jelzéseknek kell lenniük a laboratórium területén, amelyek minden belépőt figyelmeztetnek a potenciális veszélyekre.
- A laboratóriumi személyzetnek megfelelő képzésben kell részesülnie a BSL-2 ágensek kezelésében.
- Az adott laboratóriumi ágensekhez elérhető védőoltásokat ajánlani kell a dolgozók számára.
- Laboratóriumspecifikus, könnyen elérhető biológiai biztonsági kézikönyvet kell kidolgozni, bevezetni.
- A fertőző vagy potenciálisan fertőző anyagokat tartós, szivárgásmentes tartályban kell gyűjteni, kezelni, tárolni és szállítani.

¹⁷¹ Ta – Gosa – Nathanson 2019

¹⁷² Ta – Gosa – Nathanson 2019; Centers for Disease Control and Prevention – National Institutes of Health 2020

- A laboratóriumi berendezéseket rendszeresen fertőtleníteni kell fröccsenés, kifolyás stb. után.
- Fertőző anyaggal kapcsolatos kontaminációt csak megfelelően kiképzett személyzet kezelhet és fertőtleníthet.
- A fertőző ágenssel érintkező eszközök kizárólag fertőtlenítés után hagyhatják el a laboratórium területét.
- Minden olyan eljárást, amely BSL-2 ágens közvetlen manipulációját foglalja magában, BSC-ben vagy más, fizikai izolációt biztosító berendezésben kell végrehajtani.
- A laboratóriumban tiltott olyan állatok és növények jelenléte, amelyek nem kapcsolódnak a munkavégzéshez.

2.2.2.2. BSL-2 biztonsági felszerelések

A BSL-2 laboratóriumokban minden olyan biztonsági berendezés és eljárás megtalálható, amelyeket a BSL-1 szinten is alkalmaznak. A BSL-2 környezetben ajánlott elsődleges fizikai védelmi berendezések és egyéni védőfelszerelések a következők:

- Speciális izoláló eszközök, mint például biológiai biztonsági fülkék; ezek használata kötelező minden olyan eljáráshoz, ahol fertőző aeroszolok képződhetnek (pl. pipettázás, centrifugálás, őrlés, keverés, rázás, vagy fertőző anyagokat tartalmazó nyitott edények kezelése).
- Laborköpeny vagy védőkötény viselése kötelező veszélyes anyaggal végzett munka során; a védőruházatot a labor elhagyása előtt le kell venni.
- Szem- és arcvédelem (védőszemüveg, arcvédő plexi, maszk) használata ajánlott minden olyan eljárásnál, ahol fröccsenés, permet vagy más expozíciós kockázat várható.

2.2.2.3. BSL-2 laboratóriumi infrastruktúra

- A laboratóriumi ajtóknak önzáródónak kell lenniük; csak engedélyezett személyek számára szabad hozzáférést biztosítani a belépésre a munkavégzés ideje alatt.
- A labor kialakításának meg kell könnyítenie a tisztítást és fertőtlenítést.
- Felszívó anyagú burkolatok, például szőnyegek nem engedélyezettek.

- Szabad térre nyíló ablakokat nem ajánlott kialakítani, ha mégis vannak ilyenek, azokat szűrőkkel kell ellátni és le kell zárni.
- A biológiai biztonsági fülkéket úgy kell elhelyezni, hogy ne zavarják a helyiség légáramlását, és megfelelő távolságra legyenek az ajtóktól, illetve a nagyobb forgalmú további munkaterületektől.
- A BSC-ket évente hitelesíteni kell. A magas hatékonyságú részecskeszűrővel (*high-efficiency particulate air, HEPA*) ellátott, Class II típusú BSC-ből kilépő levegő biztonságosan visszavezethető a laboratóriumba.
- Szemmosó állomásnak könnyen elérhetőnek kell lennie.
- Rendelkezésre kell, hogy álljon autokláv vagy más, laboratóriumi hulladék fertőtlenítésére alkalmas eszköz.
- A vákuumvezetékeket fertőtlenítőszeres folyadékcsapdákkal kell védeni.

2.2.3. Biológiai biztonsági szint 3 (BSL-3)

A 3-as biológiai biztonsági szint (BSL-3) az 1-es és 2-es szint előírásaira és biztonsági eljárásaira épül. Ez magában foglalja az összes mérnöki megoldást, biztonsági felszerelést és speciális laboratóriumi létesítményt. A BSL-3 szint alá tartozó biológiai ágensek súlyos, akár halálos betegséget is okozhatnak, elsősorban légúti terjedés útján. Ilyen mikrobák például: *Mycobacterium tuberculosis*, a SARS koronavírus, vagy a *Chlamydia psittaci*¹⁷³. A légúti terjedés jelentette kockázat miatt a BSL-3 szint esetén irányított légáramlás (negatív nyomás) kialakítására van szükség, hogy a levegő mindig a nem-laboratóriumi (nem kontaminált) tér felől a laboratórium felé áramoljon. A vonatkozó ajánlások a következők:¹⁷⁴

2.2.3.1. BSL-3 gyakorlatok és eljárások

- A laboratóriumi személyzetnek speciális képzésben kell részesülnie a potenciálisan halálos BSL-3 ágensek kezelésére vonatkozóan.

¹⁷³ Ta – Gosa – Nathanson 2019

¹⁷⁴ Ta – Gosa – Nathanson 2019; Centers for Disease Control and Prevention – National Institutes of Health 2020

- Minden, ilyen ágenssel végzett eljárást biológiai biztonsági fülkében (BSC) vagy más, fizikai izolációt biztosító berendezésben kell végrehajtani.
- Azon anyagokat és eszközöket, amelyek laboratóriumon belüli fertőtlenítése nem megoldható, szivárgásmentes, biztonságos és ellenálló, lezárt tartályban kell szállítani.
- Az általános biológiai veszély szimbólumnak jól láthatónak kell lennie a laboratórium bejáratán.
- A fertőző anyaggal történt expozíciót azonnal értékelni kell, a vonatkozó laboratóriumi biológiai biztonsági kézikönyvben leírt eljárásokat követve. Minden esetet jelenteni kell a laborvezetőnek, alapos dokumentálás mellett.

2.2.3.2. BSL-3 biztonsági felszerelések

- Minden fertőző anyaggal végzett eljárást Class II vagy Class III biológiai biztonsági fülkében kell végrehajtani.
- Az egyéni védőfelszerelés magában foglalja a zárt elülső résszel és hátrakötéssel rendelkező laborruhákat, köpenyeket, műtős ruhákat vagy overallokat. A BSL-3 laboratóriumban viselt PPE-t nem szabad kivinni a laborból. Egyes védőfelszerelések többször is felhasználhatók, de újabb alkalmazás előtt fertőtlenítésük kötelező.
- Fertőző állatokkal végzett munka esetén kötelező a szem-, arc- és légzésvédelem használata.

2.2.3.3. BSL-3 laboratóriumi infrastruktúra

- A laboratóriumban kizárólag megfelelően képzett és engedélyezett személyek tartózkodhatnak.
- A laboratóriumot két, önzáródó és zárható ajtón keresztül lehet megközelíteni. Javasolt előtér kialakítása, ahol az átöltözés és a védőfelszerelés felvétele megtörténhet.
- A labor kialakítása során minimalizálni kell a vízszintes felületeket, hogy a tisztítás és fertőtlenítés egyszerű legyen.
- Minden padló-, fal-, mennyezet-, ajtó-, és szellőzőnyílást tömíteni kell.
- A mennyezetnek és falaknak sima, könnyen tisztítható felülettel kell rendelkeznie.

- A padló legyen csúszásmentes, víz- és vegyszerálló. Javasolt az illesztésmentes, tömített, rugalmas padlóburkolat telepítése.
- A teljes laboratóriumot fertőtleníteni kell jelentős átalakítás, karbantartás, leállás vagy más változtatások esetén.
- Minden vákuumvezetéknek HEPA szűrővel és folyékony fertőtlenítőszeres csapdával kell ellátni.
- A laboratórium légcseréjét csatornázott szellőztetőrendszernek kell biztosítani, amely irányított (negatív) légáramlást hoz létre. A személyzetnek könnyen meg kell tudnia állapítani a légáramlás irányát. A labor bejáratánál vizuális jelzést kell elhelyezni a légáramlás irányának bemutatására, lehetőség szerint hangjelzéssel kombinálva. A labor levegője nem keringhet vissza az épület más területeire.
- A HEPA szűrőházakat gázzáró csappantyúkkal, fertőtlenítő nyílásokkal és/vagy zsákos ki-/bepakolási lehetőséggel kell ellátni. A szűrőket évente szivárgás ellen tesztelni és hitelesíteni kell.
- A Class II BSC-ből kilépő, HEPA-szűrt levegő biztonságosan visszavezethető a laborba, de csak akkor, ha évente tesztelik és újrakalibrálják, továbbá a gyártó előírásai szerint használják. A BSC-k közvetlenül is kivezethetők a külső térbe, merev csatlakozással.
- A Class III BSC-eket mereven kell csatlakoztatni a másodlagos HEPA szűrőrendszerhez.
- A BSC-k levegőáramlását úgy kell szabályozni, hogy a fülkében mindig negatív nyomás uralkodjon.
- A HEPA szűrővel rendelkező izoláló berendezések (pl. BSC-k) elsődleges védőgátként működnek a bennük végzett az aeroszolképző potenciállal rendelkező munkafolyamatok során. A HEPA szűrőket évente tesztelni és szükség szerint cserélni kell.
- A kockázatértékelés alapján további laboratóriumi bővítések lehetnek szükségesek, például: előtér kialakítása a tiszta felszerelések tárolása, öltözési és zuhanyzási lehetőség biztosítása céljából; HEPA szűrők a laboratóriumi elszívás végső pontján is; laboratóriumi szennyvíz fertőtlenítése; fejlett beléptetőrendszerek kiépítése (pl. biometrikus azonosítás).
- A létesítmény tervezését, működési eljárásait és paramétereit dokumentálni kell az üzembe helyezés előtt. A teljes létesítményt évente újra kell vizsgálni és hitelesíteni.

2.2.4. 4-es Biológiai Biztonsági Szint (BSL-4)

A 4-es biológiai biztonsági szintű (BSL-4) laboratóriumok a legmagasabb szintű biológiai biztonságot képviselik. Általában saját épületben helyezkednek el, más létesítményektől fizikailag elkülönítve, megfelelő elszigeteltség mellett. A BSL-1, BSL-2 és BSL-3 laboratóriumok biztonsági óvintézkedéseire és eljárásaira építenek, ideértve minden mérnöki megoldást, biztonsági felszerelést és speciális laboratóriumi létesítményt. A BSL-4 besorolású biológiai ágensek aeroszol formájában, respiratórikus úton történő átvitel esetén életveszélyes betegséget okozhatnak, egyéb bejutási kapu esetében is súlyos tünetek kialakítására képesek, továbbá ezen kórokozók ellen általában sem vakcina, sem definitív kezelés nem áll rendelkezésre. Olyan, vizsgálat alatt álló ágensek is ebbe a kategóriába sorolhatók, amelyeknél az átvitel módja még nem teljesen tisztázott. A BSL-4 kórokozónak számít például az Ebola-, Marburg-, Lassa-vírusok, valamint a krími-kongói vérzések okozó vírus¹⁷⁵. A BSL-4 laborok két típusra oszthatók: zárt szekrényes (*cabinet*) és védőruhás (*suit*) laboratóriumokra. A két típus közötti különbségek, valamint a BSL-4-re jellemző további védelmi intézkedések az alábbiakban foglalhatók össze:¹⁷⁶

2.2.4.1. BSL-4 Eljárások és gyakorlatok

- A laboratóriumi helyiségekbe csak azok a személyek léphetnek be, akiknek tudományos vagy egyéb, szükséges szakmai célból a jelenlétük indokolt.
- A laboratóriumba történő minden belépést és kilépést naplózni kell, megadva a dátumot, időpontot és a belépő személyek nevét.
- A személyzetnek ruhát kell váltania a BSL-4 laboratóriumi térbe történő belépés előtt.
- A laboratórium elhagyása előtt kötelező zuhanyozni.
- A laboratóriumba való be- és kilépés csak erre kijelölt öltözőkön keresztül történhet, kivéve vészhelyzet esetén.

¹⁷⁵ Ta – Gosa – Nathanson 2019

¹⁷⁶ Ta – Gosa – Nathanson 2019; Centers for Disease Control and Prevention – National Institutes of Health 2020

- A használt laboratóriumi ruházatot fertőzött anyagként kell kezelni, és nem szabad a belső öltözőn keresztül eltávolítani. Ezeket a ruhadarabokat alaposan dekontaminálni kell mosás előtt.
- A BSL-4 laboratóriumból kilépő minden anyagot alapos dekontaminációnak kell alávetni.
- A laborvezetők feladata a személyzet felügyelete, amely magában foglalja annak biztosítását, hogy: megfelelő képzésben részesüljenek a labor specifikus eljárásaival kapcsolatban; magas szintű jártassággal rendelkezzenek a standard és speciális gyakorlatok terén; évente frissítő képzést kapjanak, és új eljárások vagy szabályzatok bevezetése esetén további oktatásban részesüljenek.
- A laboratóriumból eltávolított biológiai anyagokat törésálló, zárt elsődleges és másodlagos tárolóban kell szállítani. Ezeket fertőtlenítőtartályon, fumigációs kamrán vagy dekontamináló zuhanyon keresztül kell eltávolítani. Az ilyen minták nem nyithatók ki BSL-4 körülmények hiányában, kivéve, ha validált módszerrel inaktiválták a kérdéses mikrobákat.
- A BSL-4 laboratóriumba az öltözőn keresztül történő transzport kivételével eszközöket és anyagokat csak korábban dekontaminált kétajtós autoklávon, fumigációs kamrán vagy légzsilipen keresztül szabad bejuttatni.
- A laboratóriumban csak a feltétlenül szükséges felszerelést és anyagokat szabad tárolni.
- Minden vészhelyzetre (egészségügyi krízis, karbantartási hibák, állatok elszökése stb.) részletes eljárásrenddel kell rendelkezni, és azokat a személyzetnek meg kell tanítani.

2.2.4.2. BSL-4 Biztonsági berendezések

Zárt szekrényes laboratórium (Class III BSC):

- Az összes fertőző anyaggal végzett munka kizárólag Class III típusú biológiai biztonsági fülkében történhet.
- A BSC-ből kikerülő anyagokat dekontaminálni kell, automatizált, duplaajtós autoklávon keresztül. Az autokláv ajtóit csak akkor nyithatók, ha a dekontaminálás lezárult.
- Az egység légbeömlő nyílásán HEPA szűrő, a kivezetésen pedig két sorba rendezett HEPA szűrő található.

- A BSC belső felülete sima, éles szélek nélküli kell, hogy legyen, a könnyű tisztíthatóság és a sérülések prevenciója érdekében.
- A BSC-hez tartozó kesztyűket minden használat előtt ellenőrizni kell, és évente cserélni szükséges.
- A laboratóriumi öltözéken kívül más személyes tárgy (pl. ékszer, saját ruházat) nem vihető be, kivéve szemüveg.
- A BSC-hez tartozó, beépített kesztyű alatt további védőkesztyűt kell viselni a biztonság emelése érdekében. A laboratóriumon kívülre használt kesztyű nem kerülhet.

Védőruhás laboratórium (*positive-pressure suit*):

- Minden munkát pozitív nyomású, levegőellátásos, egyrészes védőruhában kell végezni.
- A definitív munkafolyamatokat HEPA szűrős izolációs berendezésen belül szükséges végrehajtani.
- A pozitív nyomású, levegőellátásos, egyrészes védőruha alatt laborruha viselése kötelező.
- A védőruha külső kesztyűje alatt eldobható további pár védőkesztyű viselése kötelező, a külső réteg sérülése esetén is fenntartandó a fizikai izolációt.
- A védőruha külső kesztyűjét a laboratóriumi műveletek során fertőtleníteni kell.

2.2.4.3. BSL-4 Laboratóriumi létesítmények

Zárt szekrényes laboratórium:

- Különálló épületben vagy közös épület esetén szigorú izolációval és korlátozott megközelíthetőséggel helyezkedik el.
- Dedikált levegőellátással és elszívással, vákuumvezetékekkel, valamint dekontamináló rendszerrel kell rendelkeznie.
- A laboratórium elhagyásakor a helyiségek sorrendje: szennyezett öltöző – személyi zuhany – tiszta öltöző.
- Vészhelyzet esetén a létesítménynek automatikusan aktiválódó áramforrással kell rendelkezni az alapvető rendszerek fenntartásához, a légtechnika, a világítás, az ajtók üzemen tartásához.

- Az anyag- és eszközmozgatáshoz duplaajtós autokláv, fumigációs kamra vagy egyéb zsilipelhető dekontaminációs berendezés szükséges.
- A kézmosók automatikus vezérléssel kell, hogy működjenek; a laboratórium szennyvizét dekontaminálni szükséges.
- A padlólefolyók a mentesítést is magában foglaló szennyvízkezelő rendszerhez csatlakoznak.
- Minden fal-, padló- és mennyezeti nyílás, ami vezeték-, csőáthaladást, vagy egyéb célt szolgál, visszaáramlás-mentesen legyen kialakítva és tömítve.
- Az ablakok törésállók, légmentesen zártak.
- A szellőztetőrendszer kizárólag más BSL-4 laborral lehet közös, a negatív nyomás és irányított légáramlás folyamatosan fenntartott.
- Kettős HEPA szűrés kötelező minden, a laboratórium légkeringéséhez tartozó be- és kimeneten.
- Az egész létesítményt évente felül kell vizsgálni és újra hitelesíteni.

Védőruhás laboratórium: Az előírások többsége ugyanaz, mint a zárt szekrényes labor esetében, néhány kiegészítéssel:

- A laboratórium elhagyásakor a helyiségek sorrendje: kémiai mentesítő zuhany – belső öltöző – személyi zuhany – tiszta, külső öltöző.
- A laboratóriumba való belépés gázzáró, légzsilipes ajtókon át történik.
- A kémiai dekontaminációs zuhany kötelező a védőruha külső felületének fertőtlenítése érdekében.
- Vészhelyzet, illetve a dekontaminációs rendszer meghibásodásának esetére biztosítani kell gravitációs elven működő fertőtlenítőszerez mentesítés lehetőségét.

A fent leírtakból láthatjuk, hogy a biztonságos munkafolyamatokhoz infrastrukturális, tárgyi, személyi feltételeknek is teljesülnie kell. A laboratóriumi munkára kidolgozott BSL szintek egy az egyben nem ültethetők át a CBRN veszélyek mellett végzett post mortem gyakorlatokra, hiszen például BSC-ben nehézkes lenne az elhunyt elhelyezése, boncolása, mozgatása, forgatása; az ajánlott alapelvek közül azonban a legtöbb felhasználható, amelyeket

a következő alfejezetekben ismertetek, az elhunytakkal kapcsolatos feladatok speciális aspektusait is szem előtt tartva.

2.3. A CBRN halottkezeléshez szükséges infrastrukturális elemek

Általánosságban elmondható, hogy a CBRN halottkezeléshez szükséges infrastrukturális elemek alapját a szakmai minimumfeltételekben foglaltak képezik¹⁷⁷; ezeket kell bővíteni, pontosítani a biztonságos feltételek meghatározásához. Ennek tükrében értelemszerű, hogy szükség van például boncasztalra, de relatíve kevés olyan specifikus attribútum kapcsolható ehhez, amelynek releváns kihatása lenne a CBRN halottkezelésre. Az alfejezetekben emiatt azon területekre térek ki, amelyek a BSL szintek és a CBRN védelem szempontjai szerint lényegesek, azonban a rutin patológiai-igazságügyi orvostani szemszögből kevésbé kiforrottak.

2.3.1. Az izoláció és hűtés

A post mortem műveletek kivitelezése, a társadalmi normák tükrében, rutin körülmények között is izolációt tesz szükségessé. Ezen esetekben elsősorban a kegyeleti szempontok indokolják, hogy a holttesttel folytatott munka elkülönítve, zárt helyiségben valósuljon meg, ahol kontrollált körülményeket biztosíthatunk. Fontos, hogy illetéktelenek ne férhessenek hozzá a holttestekhez, egyrészt a már említett kegyeleti megfontolások miatt, adott esetben nyomozati érdekből, továbbá kiemelten fertőző betegség, vagy más fennálló szennyezettség esetén saját biztonságuk garantálása érdekében. Az izolációval egyúttal megóvhatjuk a tetemet a különböző, élő és élettelen környezeti elemektől, javítva a vizsgálatok során kinyerhető információmennyiséget és minőséget.

Amint azt a BSL szintek leírata alapján láthatjuk, az izoláció tekintetében is különböző fokozatok léteznek, amelyek szorosan összefüggenek a vizsgálati helyiség további infrastrukturális elemeivel, úgymint légtechnika, szennyvízkezelő rendszer. CBRN események elhunytjainak kezeléséhez megfontolandó volna külön, erre a célra dedikált épület, vagy mobil

¹⁷⁷ 60/2003. (X. 20.) ESzCsM rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtásához szükséges szakmai minimumfeltételekről

komplexum használata, amely önmagában fizikai védőgátat képez, az infrastrukturális vagy tárgyi védőeszközök meghibásodásának eseteire is némi védelmet szolgáltat a boncterem kívül eső zónákban tartózkodóknak. Különálló komplexumnál a környező forgalom, illetve a beléptetés könnyebben megfigyelhető és ellenőrizhető, mint például egy egyébként magas beteg- és látogatószámmal jellemezhető, klinikai ellátást is végző egészségügyi szolgáltató esetében.

Az épület vagy osztály elkülönítése, kontrollált beléptetési rendszere utáni következő szint a definitív vizsgálati helyiség (jelen kontextusban a boncterem) izolálása. Mint azt a BSL szinteknél láthatjuk, a laboratórium helyiség-szekvenciája fontos szerepet játszik az elkülönítésben, azaz a munkavégzés helyszínét egy- vagy akár több, további helyiségen keresztül tudjuk megközelíteni, illetve elhagyni. A boncterem öltözőtől való elválasztása megvalósulhat egyszerű, zárható, „hagyományos” ajtók segítségével, azonban veszélyes ágensek jelenléte esetén fontos a közbeiktatott zsiliprendszerrel történő izoláció, amelyhez dekontamináló berendezés is rendelkezésre áll, a szennyezett és tiszta zónák éles határainak betartása, a szennyezés diszperziójának megakadályozása érdekében. Természetesen a munkafolyamatok szeparáltsága hordoz magában észlelési kockázatokat; ennek tükrében meghibásodás eseteire biztosítani kell az ajtók, mentesítő rendszerek mechanikus működtetésének lehetőségét, továbbá a boncteremben érdemes lehet kamerarendszerrel megfigyelni a műveletek ideje alatt a dolgozókat, amely egyúttal a dokumentációs folyamatban is segítséget nyújthat¹⁷⁸.

A holttesteket, megóvando a rapid bomlási folyamatoktól, hűteni szükséges. A hűtőrendszer egyrészt további fizikai izolációt tesz lehetővé, másrészt védelmet nyújt a környezeti behatásoktól, nem csupán a hőmérséklet, de a kártevők (például rovarok) vonatkozásában is. Kiemelendő, hogy CBRN halottkezelésben a hűtő könnyen tisztítható, egyszerűen nyitható és zárható legyen, ki- és bepakolás alkalmával felületei ne okozzanak sérülést a halottmozgatást végző személyzet egyéni védőfelszerelésében. A hűtőrendszer kapacitásának tervezése során érdemes tartalékot képezve, nagyobb férőhely számmal kalkulálni, egyfelől a stratégiai célok miatt (ha épül ilyen boncterem, nagy valószínűséggel nagyobb régióban vagy az egész országban generálódó igényt el kell tudnia látni), másfelől a logisztikai kihívások (kevesebb holttestmozgatás, kisebb diszperziós rizikó) csökkentése érdekében. A hűtő két átellenes oldalán kialakított, zsilipként funkcionáló ajtórendszerével a

¹⁷⁸ Li et al. 2005

holttestek intézménybe történő beszállítása és elhelyezése elkülöníthető a boncteremben zajló folyamatoktól¹⁷⁹. CBRN célra dedikált esetben a hűtőrendszer megfelelő karbantartása kiemelt jelentőséget nyer, hiszen meghibásodás esetén, védőfelszerelés használatában képzetlen szakemberek beengedésére alapos, a teljes helyiségre kiterjedő dekontaminálást követően kerülhet csak sor.

2.3.2. A légtechnika

Egy adott helyiség légminőségének fenntartása épületgépészeti szempontból a fűtési, szellőztetési és légkondicionáló rendszerek integrált mérnöki megoldásainak eredményeként valósul meg.¹⁸⁰ A veszélyes ágensek elleni védekezés hatékonysága több, egymással összehangolt lépés együttes alkalmazásával növelhető. Ezek közül kiemelt szerepet kap az aeroszol formájában jelen lévő kórokozók vagy veszélyes anyagok hígítása (dilúciója) friss levegő bejuttatásával, a kontaminált levegő eltávolítása, valamint annak megfelelő szűrése.

A levegőáramlás előzetes tervezésével és egyirányúsításával elkerülhető, hogy a szennyezett levegő olyan terekbe jusson, ahol védőfelszerelést nem viselő személyek tartózkodnak. Amennyiben a helyiség levegőjének egy része vagy egésze recirkulációra kerül, a veszélyes részecskék eltávolítását megfelelő szűrőrendszerek alkalmazásával lehet fokozni. A szellőzési rendszer hatékonyságát az óránkénti teljes légcserek számával (*air changes per hour; ACH*) jellemezhetjük kvantitatívan.

Veszélyes ágensek jelenlétében történő munkavégzéshez a helyiség negatív nyomás alá helyezése mind az operatív személyzet, mind a környezet védelme szempontjából jelentős biztonságnövelő tényezőt jelent.¹⁸¹ A megfelelő irányú légáramlás biztosításához fokozatosan csökkenő nyomáskülönbséget kell kialakítani a tiszta terek felől a szennyezett terület irányába. Ez megakadályozza az aeroszolban, veszélyes partikulumokban gazdag levegő visszaáramlását a tisztább zónákba. Az irányelvek legalább 2,5 Pa nyomáskülönbséget írnak elő, ugyanakkor magasabb biztonsági szintek eléréséhez ennél jelentősebb, lépcsőzetes nyomásviszonyok is szükségessé válhatnak¹⁸².

¹⁷⁹ Nolte et al. 2021

¹⁸⁰ Medical Advisory Secretariat 2005

¹⁸¹ Li et al. 2005

¹⁸² Medical Advisory Secretariat 2005

A levegő szűrésének hatékonyságát alapvetően a célzott anyagok és kórokozók fizikai mérete, valamint azok egyéb fizikai és kémiai tulajdonságai (például oldhatóság vagy reakciókészség) határozzák meg. Kiemelt fontosságú paraméter a méret a mikroorganizmusok vagy radioaktív porok esetében, melyek eltávolítása mechanikus alapon, részecskeszűrők alkalmazásával történhet¹⁸³. Ennek elterjedt formája a boncterembe is beépíthető, vagy mobil kivitelben alkalmazott HEPA (*high-efficiency particulate air*) szűrőtechnológia¹⁸⁴. A mechanikus szűrés hatásfoka tovább növelhető UV-sugárzáson vagy iongeneráláson alapuló rendszerek alkalmazásával, amelyek képesek a kórokozók inaktiválására¹⁸⁵. Toxikus gázok esetében az aktív szén alapú szűrők adszorpciós tulajdonságai, illetve a fém-organikus váz (*metal-organic framework, MOF*) struktúrájú szűrők jelenthetnek hatékony megoldást a légminőség megőrzésére.

A szűrőrendszerek hosszabb élettartamát olyan korszerű, innovatív technológiák biztosíthatják, mint az önregeneráló, fizikai adszorpció elvén működő szűrőegységek, amelyek többszöri használatra alkalmasak anélkül, hogy jelentősen veszítenének szűrési hatékonyságukból¹⁸⁶.

2.3.4. A mentesítés, valamint a hulladék- és szennyvízkezelés

Akár külső szennyeződéssel, akár belső kontaminációval állunk szemben, a CBRN esetekre használni kívánt boncteremben szükséges biztosítani a dekontamináció lehetőségét. A külső szennyezések esetében egyértelmű, miért van erre szükség; a belső kontamináció azonban további magyarázatra szorulhat. A post mortem eljárások egy része nem jár invazív beavatkozással, azaz nem szükséges hozzá például testüreg megnyitás. Az elhunytak biológiai funkciókkal, amelyek belső kontamináció esetében problémát jelenthetnének, mint például légzés, köhögés, hányás stb., nem rendelkeznek, azonban ez nem jelenti azt, hogy a bomlás kapcsán, illetve a test mozgásával ne távozhatnának „passzív” formában olyan testnedvek, amelyek indokolják az elővigyázatosságot. Ennek tükrében a tetemzsból kicsomagolt elhunyt, ameddig műszeres, objektív mérésekkel ennek ellenkezőjéről meg nem győződünk, fertőzőnek/szennyezettnek tekintendő. Értelemszerű tehát, hogy a boncteremben rendelkezésre

¹⁸³ Medical Advisory Secretariat 2005

¹⁸⁴ Liu et al. 2021

¹⁸⁵ Barea – Montoro – Navarro 2014

¹⁸⁶ Padányi – Halász – Földi 2013

kell, hogy álljon a mentesítéshez szükséges berendezés. Legtöbb esetben ez nedves alapú módszert jelent, amelyhez szükséges folyóvíz, illetve a neutralizációt és/vagy fizikai eltávolíthatóságot propagáló hatóanyag. CBRN célra dedikált boncteremben ez lehet részben vagy egészben automatizált rendszer (például zuhany) is, de kézi üzemeltetésű berendezést is szükséges biztosítani.

Potenciálisan szennyezett, fertőzött hulladék vagy szennyvíz mentesítés nélkül a bonctermet nem hagyhatja el. A hulladékot zárható, merev tárolókban érdemes gyűjteni, amelyek külső felszínét a lezárást követően, a szállítás előtt szintén mentesíteni kell. A szennyvízkezelés megoldható lehet tartályok alkalmazásával, a szennyvízhálózattól teljesen függetlenül; mobil boncterem kialakításakor előnyös lehet ezen módszer alkalmazása, hiszen további autonómiát szolgáltat a bevetési helyszín adottságaitól függetlenül. A másik lehetőség, hogy a boncterem szennyvizét erre kiépített szűrő- és fertőtlenítő rendszeren keresztül kapcsoljuk a hálózathoz; ezen esetben a megfelelő karbantartás, rendszeres ellenőrzés elengedhetetlen.

2.4. A CBRN halottkezeléshez szükséges tárgyi feltételek és az egyéni védőfelszerelés

A halottkezelési műveletek elvégzéséhez szükséges tárgyi feltételek vonatkozásában ismét érdemes a szakmai minimumfeltételekben megfogalmazottakból kiindulni¹⁸⁷. A bonctermi munka áldozatazonosításhoz, autopsziához nélkülözhetetlen eszközeit azonban érdemes a veszélyes környezet igényeihez igazítani. Mivel a mintavételekhez, illetve a boncoláshoz éles, hegyes eszközöket is alkalmaznunk kell adott esetben, kiemelten fontos, hogy a védőfelszerelésekben ne tegyünk kárt, illetve amennyire lehet, minimalizáljuk az invazív beavatkozások arányát. Már a művelettervezés fázisában végig kell gondolni továbbá, hogy a felhasznált eszközöket miként mentesíthetjük, különösen, ha nagyobb értéket képviselő, többször használatos készülékről (például a koponya megnyitására használatos rezgőfűrés) van szó. Szintén gondoskodni kell a tervezési fázisban a szükséges eszközök csekklista alapú ellenőrzéséről; mivel a szennyezett és tiszta munkazónák közötti átjárás limitált, idő- és

¹⁸⁷ 60/2003. (X. 20.) ESzCsM rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtásához szükséges szakmai minimumfeltételekről

erőforrás igényes, célszerű az elvégzendő műveletekhez tárgyi tartalékokat is képezve, előre összekészíteni a nélkülözhetetlen felszereléseket.

A következő alfejezetekben a CBRN halottkezelésben releváns egyéni védőfelszereléseket ismertetem, kitérve a post mortem eljárásokban fontos jellemzőkre.

2.4.1. A védőfelszerelések védelmi képességei, minősítése

Minden egyéni védőfelszerelés vonatkozásában megfogalmazható néhány általános alapelv, amelyet érdemes figyelembe venni a kiválasztás során. Az egyik legfontosabb például, hogy a viselendő védőfelszerelést a veszélyes ágens ismeretében határozzuk meg, azaz kerüljük a hamis biztonságérzet csapdáját, és valóban hatékony eszközt alkalmazzunk. Ebben jogszabály alapján meghatározott megfelelőségi tanúsítás nyújthat segítséget¹⁸⁸. A 18/2008. (XII. 3.) SZMM rendelet definiálja a védőeszközök kategóriáit, meghatározza az eljárási kötelezettségeket, valamint egyéb feladatokat az EK típusvizsgálat és az EK-típustanúsítvány kiadásának vonatkozásában. A rendelet 3. számú mellékletében a védőeszközök alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelményeik között található az alábbi meghatározást: „A védőeszköz nyújtson megfelelő védelmet a tevékenység során fellépő és várhatóan előforduló kockázatokkal szemben, és tegye lehetővé az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzést.¹⁸⁹”

A fentiekből következik, hogy nagyobb biztonságban érezhetjük magunkat, hogyha minősített, a megfelelő tanúsítványokkal rendelkező gyártó termékeit használjuk. A védőfelszerelések védelmi képességeit továbbá szabványok mentén határozzák meg, ezeket külön jelölésekkel tüntetik fel az adott felszereléseknél. Fontos kiemelni, hogy „a szükséges egyéni védőeszközök meghatározása kockázatértékelés alapján történik, melynek az elkészítése munkabiztonsági és munkaegészségügyi szaktevékenységnek minősül¹⁹⁰”, azaz a tervezett műveletek előtt szükséges konzultálni a megfelelő ismeretekkel és jogosultságokkal rendelkező illetékes szervekkel.

¹⁸⁸ 18/2008. (XII. 3.) SZMM rendelet az egyéni védőeszközök követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról

¹⁸⁹ 18/2008. (XII. 3.) SZMM rendelet az egyéni védőeszközök követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról

¹⁹⁰ Gazdaságfejlesztési Minisztérium 2023

2.4.2. A légzésvédelemben releváns védőfelszerelés tulajdonságok

A holttestekkel kapcsolatos eljárások során ritkán fordul elő olyan körülmény, amelyben a légköri oxigén 21%-os koncentrációja ne lenne biztosított. Ilyen szituáció elsősorban baleseti vagy katasztrófahelyszíneken alakulhat ki, ahol toxikus vagy inert gázok jelenléte következtében az oxigén térfogataránya 19,5% alá csökken. Egy másik potenciális forgatókönyv, amikor ismeretlen összetételű és koncentrációjú CBRN-agens van jelen a holttestek kezelése során. Ezen esetek biztonságos kezelése kizárólag sűrített levegős légzőkészülék (*self-contained breathing apparatus, SCBA*) használatával valósítható meg¹⁹¹.

Amennyiben az oxigénkoncentráció meghaladja a 19,5%-ot, és az expozíciót okozó agens azonosított, továbbá annak koncentrációja ismert vagy megbecsülhető, úgy alacsonyabb névleges védelmi tényezővel rendelkező légzésvédelmi eszközök alkalmazása is szóba jöhet. Ebben az esetben is elsődleges szempont a biztonság, ezért a légzésvédő eszköz kiválasztása során figyelembe kell venni az agens fizikai és kémiai tulajdonságait, azonban a döntést költséghatékonysági, hozzáférhetőségi és ergonómiai tényezők is befolyásolhatják.

Az SCBA-rendszereket követő védelmi szintet a motoros rásegítéssel működő légzésvédők (*powered air-purifying respirator, PAPR*) képviselik¹⁹². Ezek a rendszerek teljes álarc vagy kámsza alkalmazásával, esetenként az arcvédőbe integrált motoros egységgel biztosítják a felhasználó számára a szűrt levegőt anélkül, hogy a légzés izommunka-igénye növekedne. A kámszával kombinálható levegőrásegítő rendszerek előnye, hogy megfelelő védelmet biztosítanak függetlenül az arcforma vagy arcszörzet jellemzőitől, mivel lazán illeszkednek, alászívás azonban, a készülék által generált belső pozitív nyomás miatt nincs. A PAPR-eszközök szűrőképeségét, csakúgy, mint a nem rásegítéses teljes álarcok esetében, a foglalatukban alkalmazott szűrőbetétek típusa és minősége határozza meg. A szűrőbetétek lehetnek részecskeszűrők, gázsűrők, illetve kombinált változatok. Mivel ezek szűrési kapacitása és élettartama korlátozott, kiválasztásuk során különös gondossággal kell eljárni, figyelembe véve a tervezett munkavégzés időtartamát és a szennyező anyag koncentrációját.

A rásegítés nélküli teljes álarcok védelmi képessége általában alacsonyabb a PAPR-rendszerekhez képest, azonban számos munkafolyamatban kényelmesebb viseletet jelentenek,

¹⁹¹ Janssen et al. 2018

¹⁹² Janssen et al. 2018

továbbá beszerzési költségük lényegesen alacsonyabb¹⁹³. Hátrányuk ugyanakkor, hogy a felhasználót terhelő légzési munka hosszabb időn keresztül fennállása fárasztó lehet, ami negatívan befolyásolhatja a műveletek végrehajtási pontosságát és a koncentrációs képességet. A megfelelő illeszkedés ellenőrzése a használat előtt elengedhetetlen, az alászívás minimalizálása érdekében. A teljes alászívási tényező (total inward leakage, TIL) százalékos formában fejezi ki, hogy a légzésvédő által definiált belső légtérbe – a fél- vagy teljes álarc illeszkedési pontjain, szelepein, illetve szűrőbetétjénél – laboratóriumi körülmények között mérhető részecske-koncentráció milyen arányban jut be a környezeti levegőhöz képest¹⁹⁴.

Költséghatékonyság és hozzáférhetőség szempontjából kedvező alternatívát jelentenek a részecskeszűrő félálarcok. Noha az egyéni légzésvédelmi eszközök közül ezek rendelkeznek a legalacsonyabb névleges védelmi tényezővel, megfelelő illeszkedés esetén – különösen szőrtelen arcfelületen – és megfelelő szűrési kapacitás (például FFP3 vagy N99 osztályú félálarc) kiválasztásával a bonctermekekben leggyakrabban előforduló kórokozók elleni védelem kielégítő szintje biztosítható. Tekintettel arra, hogy ezen eszközök kizárólag a légutak védelmét szolgálják, alkalmazásuk arcvédő pajzzsal kiegészítve javasolt, a teljesebb körű expozíciócsökkentés érdekében.

2.4.3. A bőrvédelemben releváns védőfelszerelés tulajdonságok

CBRN események során a bőr védelme szintén kiemelt jelentőséggel bír, mivel a veszélyes ágensek, tulajdonságaik függvényében közvetlen kontaktus útján is beléphetnek a szervezetbe. A bőr integritásának és mentességének megőrzése azonban nem csupán a külső expozíciók megelőzése szempontjából fontos, hanem az ágensek másodlagos terjedésének és a minták keresztkontaminációjának megakadályozása érdekében is. A bőrre került toxikus vegyületek vagy mikrosérülések megléte esetében a kórokozók akár percek alatt mélyebb szövetrétegekbe, a keringésbe juthatnak, súlyos helyi vagy szisztémás elváltozásokat okozva. Ennek megfelelően elengedhetetlen az olyan egyéni védőfelszerelések alkalmazása, amelyek célzott védelmet nyújtanak ezen behatolási útvonal vonatkozásában.

A kémiai ártalmak elleni védelemhez kétféle megközelítést alkalmazhatunk az overallok kialakítása tekintetében: egyfelől folyadékszűrő, vegyszerálló anyagból készült eszközöket

¹⁹³ Schumacher 2017

¹⁹⁴ Colton 2017

használhatunk, amelyek képesek meggátolni a gázok, aeroszolok vagy folyadékok áthatolását; ez esetben szigetelő típusú ruháról beszélünk¹⁹⁵. A másik lehetőség, hogy az overall belső rétegében szűrőfunkciót betöltő aktív szénréteget helyeznek el, amely lehetőséget teremt szellőző, kényelmesebb viselet létrehozására; ebbe a kategóriába sorolható például a 93M mintájú vegyvédelmi ruházat¹⁹⁶. A biológiai ágensek elleni védelmet a szigetelő típusú eszközökhöz hasonlóan zárt rendszerű, résmentes védőruházattal lehet biztosítani, amely megakadályozza a mikroorganizmusok bőrrel való érintkezését. Radioaktív materiák esetén a szennyeződés bőrre jutását és annak további eloszlását kell megakadályozni, amit szintén a teljes testfelületet lefedő PPE-k biztosítanak. A védőruházatoknál kiemelten fontos azok mechanikai ellenálló képessége, valamint az, hogy viselés közben ne sérüljön meg az anyagfolytonosság, mert már kis sérülések is lehetővé tehetik a veszélyes ágensek bejutását. A gyakorlati alkalmazhatóság szempontjából fontos tervezni továbbá a védőruha viselése során fellépő hőstresszel, illetve következményes folyadékvesztéssel, amely hosszabb műveleti időtartam esetében jelentősen csökkentheti az állomány teljesítményét, koncentrációs képességét¹⁹⁷.

Érdemes külön kitérni a védőkesztyűkre, mivel ezek különösen fontos szerepet töltenek be, hiszen a kéz – a beavatkozások során leggyakrabban használt testrész – fokozott expozíciónak van kitéve. A különböző anyagú kesztyűk eltérő védelmi tulajdonságokkal rendelkeznek; a veszélyes ágens ismeretében nitril, butil vagy neopréngumi alapanyagból készült változatokat célszerű alkalmazni, figyelembe véve a gyártó által feltüntetett védelmi képességet és időtartamot. A kesztyűket legtöbb esetben kettős rétegben érdemes viselendő, így növelhető a szivárgással szembeni biztonság, valamint a külső kesztyű rendszeres cseréjével megelőzhető a keresztkontamináció. Amennyiben az egyéb tulajdonságok mellett lehetséges, különböző színű kesztyűk alkalmazásával lehetőséget teremthetünk az esetleges szakadások, sérülések korai vizuális észleléséhez. A megfelelő méretű, jól illeszkedő kesztyű továbbá nem csak fizikai védelmet nyújt, hanem valamelyest biztosítja a finommotoros képességeket is, amelyek számos művelet elvégzéséhez szükségesek.

Fontos még kiemelni, hogy a teljes testet lefedő védőruházat, valamint a további védőfelszerelés elemek (kesztyű, légzésvédő) egymáshoz való csatlakozása döntően meghatározza a védelem egészének hatékonyságát. Az illeszkedési pontok leragasztásával

¹⁹⁵ Berek – Horváth 2017

¹⁹⁶ Berek – Horváth 2017

¹⁹⁷ Berek – Horváth 2017

fokozhatjuk a résmentes zárás iránti törekvést; kesztyű esetében a közvetlenül a kézen viselt pár kapcsán érdemes ezt megtenni, hogy a felsőbb réteget szabadon cserélhessük.

A bőrvédelem biztosításához a megfelelő védőfelszerelés kiválasztásán túl elengedhetetlen a dekontaminációs eljárások ismerete és alkalmazása is, mivel a védőfelszerelés eltávolításakor különösen nagy a másodlagos expozíció veszélye. A mentesítő eljárás szelekciójában a veszélyes ágens tulajdonságain túl a védőfelszerelés sajátosságait is figyelembe kell venni.

2.4.4. A tetemzsák

A tetemzsák, bár a szó szoros értelmében nem egyéni védőfelszerelés, mégis esszenciális eszköze a holttest kegyeleti és biztonsági szempontú izolációjának. A zsákok, hasonlóan a védőfelszerelésekhez, különböző anyagból, eltérő vastagsággal, szakítószilárdsággal, gázzáró képességgel készülhetnek. Az egyes termékek között árban és mennyiségi hozzáférhetőségben is nagyságrendi különbségek adódhatnak. CBRN halottkezelés aspektusából a rutinszerűen alkalmazott, relatíve vékony, könnyen szakadó, nem gáz- és folyadékzáró cipzárral rendelkező zsákok legfeljebb a tetem alapos dekontaminálását követően, duplán alkalmazva nyújthatnak némi védelmet.

Célszerűbb azonban direkt CBRN eseményekre fejlesztett zsákok alkalmazása, amelyre példaként szolgálhat az Ouvry cég dedikált tetemzsákja¹⁹⁸. A termékismertető alapján láthatjuk, hogy az Ouvry által kínált termék gázzáró kialakítású, relatíve magas szakítóerővel jellemezhető, belső felületén a bélés a holttestből szivárgó 8 liter szennyezett folyadékot képes elnyelni. A bomlás során keletkező gázok szűrővel ellátott szelepen keresztül távoznak, illetve kiemелendő, hogy a gyártó által közölt adatok alapján a zsák 48 órán keresztül biztosít védelmet a legtöbb vegyi harcanyag folyadék és aeroszol formában történő kijutása ellen. A zsák lefagyasztható, elégethető, bontatlan csomagolásban 10 évig tárolható.

¹⁹⁸ Ouvry 2025



by **GUVRY®**

5. sz. ábra: CBRN tetemzsák az Ouvry cég kínálatából (<https://ouvry.com/wp-content/uploads/2024/05/sac-mortuaire-nrbc-1-min.png>) Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

2.5. A CBRN halottkezelésben résztvevő személyi állomány kritériumai

A CBRN halottkezelésben elengedhetetlen átgondolni a műveletekben résztvevő állománnyal szemben támasztható elvárásokat. Értelemszerűen adott specifikus eljárást csak szakmailag képzett, megfelelő végzettséggel és jogosultsággal rendelkező szakember végezhet. Ugyanakkor a szakmai követelményeken túl további szempontokat is megfogalmazhatók,

amelyek szintén fontos szerepet játszanak a tervezett műveletek sikeres és biztonságos lebonyolításához.

Az egyik ilyen kritérium a hajlandóság és végrehajtási képesség kérdése (*willing and able*). Egyes felmérések tanúsága szerint a CBRN eseményekben életüket vesztetettekkel a post mortem műveletekben képzett szakemberek nem vállalnák a munkavégzést, többen meg sem jelennének ilyen esetben a munkahelyükön¹⁹⁹. Katonai, félkatonai szervezeteknél ez a probléma talán kevésbé prominens, azonban a post mortem feladatok igen jelentős hányadát civil munkavállalók végzik. A hajlandóság gyakorlatok szervezésével, tapasztalatszerzéssel, a biztonságérzet növelésével javítható, de ez preventív szemléletet, valamint rövid- és hosszútávú befektetést igényel a döntéshozói oldalról.

Szintén fontos elem a műveletek végrehajtása alatt megfigyelhető viselkedés. A CBRN környezet nagyfokú odafigyelést, csapatmunkát igényel, ahol a biztonsági intézkedésekkel, előírásokkal kapcsolatos együttműködési hajlandóság nem csorbulhat. A műveleti célok, rendelkezésre álló felszerelések és infrastrukturális elemek mentén meghatározott, együttműködést igénylő kérdésekben nem lehet kompromisszumokat kötni; példaként említhető, hogy a mentesítésnél a behatási időt meg kell várni, akkor is, ha sürgős dolgunk, intéznivalónk van. Ugyanígy nem lehet kifogás például a műkörmhöz való ragaszkodás a kesztyűhasználat vonatkozásában. Érdemes tehát úgy válogatni az áldozatazonosítási, további patológiai vagy igazságügyi orvostani feladatokhoz a személyeket, hogy a felszerelések és infrastrukturális elemek használatához szükséges feltételek ne igényeljenek a végrehajtó részéről elfogadhatatlan „személyes áldozatot”.

A fentiekhez szorosan kapcsolódik a védőfelszerelések helyes használatának, szabályos le- és felvételének képessége. Ez elengedhetetlen a biztonságos munkavégzéshez, sokszor önmagában csapatmunkát, egymásra figyelést igényel. Az elsajátításhoz elengedhetetlen a preventív szemlélet, illetve a döntéshozói befektetés, hiszen az készség szintjén csak rendszeres, jól strukturált gyakorlatok alkalmával képzelhető el biztonságosan. Szintén fontos kritérium a védőfelszerelés tolerancia: hiába akar valaki latex kesztyűben huzamosabb ideig dolgozni, ha allergiás az összetevőre, vagy akar zárt védőruhában tevékenykedni, ha szorongás és pánik uralkodik el rajta a bezártság érzettől. Az egyes védőfelszerelések vonatkozásában tanúsított tolerancia tréningek alkalmával jól felmérhető, adott esetben fejleszthető.

¹⁹⁹ Gershon et al. 2014

Nem csupán a védőeszközök kapcsán, de egyéb preventív vagy terápiás intézkedések szempontjából is jelentős a tolerancia kérdése. Példaként említhetők a fertőző betegségek ellen alkalmazható profilaktikus gyógyszerek, amelyek esetében a mellékhatások megjelenése relatíve széles skálán mozoghat az egyén függvényében. Ha egy adott kórokozó ellen a leghatékonyabb, profilaktikusan is adható antibiotikum az egyik emberből hetekig tartó hasmenést, gyengeséget vált ki, míg a másik szervezetében tünetet nem okoz, újabb támpontot kaphatunk az állomány szelekciójához. Ugyanilyen jelentős a védőoltások kérdése is: ha valamely csapattag rendelkezik védőoltással, esetleg le is ellenőrizhető definitív ellenanyag szinttel, azonos védőfelszerelés és infrastruktúra használata mellett is kisebb kockázattal vehet részt a műveletekben az oltatlanokhoz képest.

2.6. Részkövetkeztetések

Összességében elmondható, hogy a CBRN veszélyek mellett végzett post mortem műveletek rendkívül összetett kihívásokat támasztanak mind az infrastrukturális, mind a személyi és tárgyi feltételek biztosítása terén. Az ilyen típusú beavatkozások nem csupán magas szintű szakértelmet igényelnek, hanem olyan körülményeket is, amelyek mentén garantálható a dolgozók és a környezet biztonsága, valamint a fertőzési és kontaminációs kockázatok minimalizálása. A nemzetközi szakirodalmi ajánlások és gyakorlatok tanulságai alapján ezen feltételek kialakításához olyan képességszint szükséges, amely legalább a BSL–3 biológiai biztonsági szint követelményeit teljesíti. Ez nem csupán a laboratóriumi munkára vonatkozik, hanem a post mortem tevékenységek minden szakaszára: a testek átvételétől kezdve, egészen a végső nyughelyre helyezés pillanatáig.

A BSL–3 szint elérése nem kizárólag technikai kérdés, hanem stratégiai jelentőségű fejlesztési irány is, amely meghatározza egy adott ország vagy régió felkészültségi szintjét a biológiai veszélyhelyzetek kezelésében. A CBRN események során végzett halottvizsgálati módszerek különösen nagy kockázatot hordozhatnak, így indokolt, hogy ezek lebonyolításához a post mortem eljárások sajátosságait is figyelembe véve elérhető legmagasabb szintű védelmi képesség álljon rendelkezésre.

Hazánk földrajzi sajátosságaiból adódóan a különböző CBRN rizikótényezők területileg elszórtan jelennek meg, így a fix, állandó infrastruktúrára építő megoldások mellett a mobilitásra hangsúlyt helyező képességek kialakítása is elengedhetetlen lehet. A mobil

bonctermi képesség egy olyan rugalmas, gyorsan telepíthető és a konkrét feladathoz adaptálható megoldás lehet, amely a jelenlegi egészségügyi és katasztrófavédelmi kapacitásokat kiegészítve növelheti az ország válaszadási képességét egy esetleges CBRN incidens esetén. A moduláris felépítésű, helyszínrre szabható bonctermi egységek lehetővé tennék a szakszerű post mortem vizsgálatok lefolytatását még ott is, ahol egyébként nem állnak rendelkezésre a szükséges infrastrukturális elemek.

3. A SARS-CoV-2 pandémia tapasztalatai

3.1. A SARS-CoV-2 vírus bemutatása

A halálos áldozatokkal járó CBRN események, az 1. fejezetben bemutatott esetismertetések ellenére is relatíve ritkának számítanak. Sosem tudhatjuk azonban, hogy mikor jelenik meg olyan előre nem látható, de bizonyos értelemben mégiscsak várható katasztrófa, amely nagyszámú áldozattal jár, valamint amelynek erőforrás igénye ideiglenesen meghaladja a nemzeti, akár nemzetközi felszámolási erőfeszítések lehetőségeit is. Kutatásom alatt bekövetkezett egy ilyen esemény: a COVID-19 betegség megjelenése, amely globálisan több, mint 7 millió, csak Magyarországon 49 ezer életet követelt²⁰⁰.

A COVID-19 betegség okozóját, a SARS-CoV-2 vírust 2019 végén, Kínában azonosították; néhány hónappal később az Egészségügyi Világszervezet (WHO) világjárványnak (pandémiának) nyilvánította az időközben elhatalmasodó járványt²⁰¹. Az azóta eltelt évek alatt ugyan hivatalosan a pandémia véget ért, a SARS-CoV-2 vírus azonban velünk maradt, életünket pedig elkerülhetetlenül megváltoztatták a járványkezelés rövid- és hosszútávú következményei, tanulságai.

A vírus – a védekezési erőfeszítések ellenére – gyors terjedési mintázatot mutatott, amit jelentős eset-halálozási arány kísért. Ennek következtében felmerült a kérdés, hogy vajon a SARS-CoV-2 nem egy szándékosan kibocsátott, mesterségesen előállított biológiai fegyver-e, vagy esetleg egy laboratóriumi baleset következtében véletlenszerűen kiszabadult ágensről van-e szó²⁰². Ezen elméleteket későbbi kutatások elvetették, és arra a következtetésre jutottak, hogy a vírus nagy valószínűséggel természetes eredetű, amit megerősít a genetikai módosításra utaló jelek hiánya²⁰³.

A SARS-CoV-2 a Coronaviridae családba, azon belül a Betacoronavirus nemzetségbe tartozik²⁰⁴. Genomja egyszálú, pozitív RNS, amely szerkezeti fehérjéket (például az S, E, M és N gének termékeit), valamint nem-szerkezeti fehérjéket is kódol²⁰⁵. Mint RNS-vírus, kiemelkedő mutációs képességgel rendelkezik, amely jelentős szerepet játszik abban, hogy

²⁰⁰ World Health Organization 2025

²⁰¹ Cucinotta – Vanelli 2020

²⁰² Knight 2021; Dehghani – Masoumi 2020

²⁰³ Andersen et al. 2020; Borsetti et al. 2022

²⁰⁴ Lu et al. 2020

²⁰⁵ Lu et al. 2020; Huang et al. 2020

képes elkerülni a gazdaszervezet immunválasztát, illetve alkalmazkodni tud a különböző szelekciós nyomásokhoz²⁰⁶.

Jól ismert tény, hogy az emberi eredetű zoonotikus fertőző betegségek több mint 70%-át vadon élő állatokból származó kórokozók okozzák²⁰⁷. A koronavírusok több olyan jellemzővel is rendelkeznek – például relatíve nagy genom, magas mutációs hajlam, gyakori rekombinációs események –, amelyek elősegítik a törzsek és fajok sokféleségének kialakulását, illetve azok gyors alkalmazkodását új gazdaszervezetekhez és ökológiai környezetekhez²⁰⁸. Valencak és munkatársai rámutattak, hogy a genomszekvenálási vizsgálatok eredményei 96%-os egyezést mutattak a humán SARS-CoV-2 vírus és denevérekből izolált SARS-CoV-szerű törzsek között, ami erőteljesen valószínűsíti a SARS-CoV-2 denevérekből származó eredetét, mint elsődleges gazdaszervezetek²⁰⁹. A szerzők továbbá felhívják a figyelmet arra, hogy a fertőzött (házi)állatok potenciálisan képesek lehetnek új SARS-CoV-2 variánsok továbbadására emberek vagy más, háztartáson belüli állatok felé.

Egy hongkongi tanulmány alapján például a szíriai aranyhörcsögről (*Mesocricetus auratus*) bizonyítást nyert a zoonotikus és reverz-zoonotikus betegségátadás lehetősége²¹⁰. Hollandiában és Dániában nyércek (*Neovison vison*) kapcsán igazolódott zoonózis és reverz-zoonózis jelensége, azaz az állatok a fertőzött humán dolgozóktól képesek voltak elkapni a vírust, majd a fertőzést továbbadni embereknek²¹¹.

A fentieket összegezve láthatjuk, hogy a SARS-CoV-2 kórokozó jelentős alkalmazkodási képességgel, szignifikáns betegségokozó tulajdonságokkal, relatíve magas esethalálozási rátával, zoonotikus és reverz-zoonotikus potenciállal bíró kórokozó, amely adottságok lehetővé tették, hogy a betegség kontinenseken átívelő formában, világjárványként manifesztálódjon.

3.2. A SARS-CoV-2 pandémia magyarországi megjelenése

²⁰⁶ Justo Arevalo et al. 2021

²⁰⁷ Ghai et al. 2021

²⁰⁸ Ghai et al. 2021

²⁰⁹ Valencak et al. 2021

²¹⁰ Yen et al. 2022.

²¹¹ Boklund et al. 2020; Oreshkova et al. 2020; Prince et al. 2021

Magyarországon az első, laboratóriumi vizsgálattal megerősített COVID-19 megbetegedést 2020. március 4-én regisztrálták, míg az első haláleset – amely új típusú koronavírus-fertőzéshez köthető – március 15-én következett be²¹². E haláleset időpontjában azonban még nem állt rendelkezésre egységes, központilag kiadott irányelv, amely meghatározta volna a szükséges infekciókontroll-intézkedéseket, illetve részletes útmutatást nyújtott volna a SARS-CoV-2-fertőzött elhunytak biztonságos kezelési protokolljához. A holttestek patológiai osztályra történő szállítása, tárolása, boncolása, valamint végső nyughelyre helyezése számos gyakorlati és etikai kérdést vetett fel, amelyekre a meglévő, fertőző betegségekre és halottkezelésre vonatkozó hazai szabályozás nem adott kellően részletes eligazítást.

Annak ellenére, hogy az országos tisztifőorvos 2020. március 19-i intézkedésében a boncolások végzését – a „törvényszéki” esetek kivételével – átmenetileg felfüggesztette²¹³, a holttestek mozgatása és tárolása továbbra is kihívást jelentett az egészségügyi ellátórendszer számára. E helyzet kezelésére az Emberi Erőforrások Minisztériuma Egészségügyi Szakmai Kollégiumának Patológia Tagozata 2020. március 21-én hivatalos eljárásrendet bocsátott ki, amely a COVID-19-fertőzött elhunytakkal kapcsolatos intézkedésekre vonatkozó ajánlásokat tartalmazta²¹⁴. Ugyanakkor e dokumentum több ponton is kiegészítésre és frissítésre szorult, mivel tartalma csupán a releváns szakirodalom egy szűk keresztmetszetét tükrözte²¹⁵. További nehézséget jelentett, hogy a nemzetközi tudományos közlemények körében is alulreprezentáltak voltak azok a tudományos evidenciákon alapuló iránymutatások, amelyek a post mortem eljárások – különösen járványhelyzetben – biztonságos és protokollizált kivitelezését célozták meg.

3.3. Bonctermi tapasztalatok a COVID-19 betegség vonatkozásában

A fenti nehézségekre több fázisban kerestünk válaszokat, megoldásokat a Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Patológiai és Kórszövettani Diagnosztikai Osztályán. Első lépésben a járvány hazai megjelenése előtt bonctermi gyakorlatot tartottunk, multidiszciplináris formában, a boncolási technika és az egyéni védőfelszerelés használat optimalizálása

²¹² Farkas et al. 2020

²¹³ Nemzeti Népegészségügyi Központ 2020

²¹⁴ EMMI Egészségügyi Szakmai Kollégium Patológia Tagozata 2020

²¹⁵ Farkas et al. 2020

érdekében. Később, az „éles” esetek megjelenésével lehetőségünk nyílt valós körülmények között tesztelni a tapasztalatokat, illetve post mortem mintavételi protokoll kidolgozásával segíteni a haláloki folyamatsor feltárását. A boncolások részeredményeit, illetve a megelőző gyakorlat és protokollkidolgozás fontosabb pontjait a következő alfejezetekben ismertetem.

3.3.1. A 2020. februárjában végrehajtott bonctermi gyakorlat tanulságai

A SARS-CoV-2 vírus magyarországi megjelenése előtt, 2020. februárjában gyakorlatot szerveztem a Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Patológiai és Kórszövettani Diagnosztikai Osztályán, a szintén honvédségi kötelékbe tartozó Mobil Biológiai Laboratórium kollégáinak közreműködésével, segítségével²¹⁶. A gyakorlat célja az volt, hogy a járvány hazai felbukkanását megelőzően tapasztalatot szerezzünk a rutinszerűen alkalmazott egyéni védőfelszerelésekhez képest emeltebb biztonsági szintet képviselő eszközökkel, lemérjük a bonctermi lépések időtartamát a későbbi művelettervezés megkönnyítése érdekében, optimalizáljuk az információszerző képességet a boncolások alatt, valamint azonosítsuk a tesztelt PPE-k esetleges gyenge pontjait.

A gyakorlat 3 fő aktív részvételével (orvos, boncmester, ujjlenyomat szakértő) zajlott, külső megfigyelők és segítők támogatásával. Utóbbi személyek kívülről dokumentálták a munkafolyamatokat, ellenőrizték a védőfelszerelések helyes alkalmazását, épségét, valamint rögzítették az egyes munkafolyamatok időigényét. Összesen 3 asztalon, 3 darab adatvédelmi okokból anonimizált, természetes úton elhunyt személy boncolására került sor, egymást követően.

A tréning kapcsán kipróbált egyéni védőfelszerelések a következők voltak: Honeywell PowerCoat 950-20 típusú védőkesztyűk (Honeywell, Charlotte, USA), Coverstar Plus CS400 típusú védőoverálok (ASATEX, Bergheim, Németország), Tychem F típusú magas szárú cipővédők (DuPont, Wilmington, USA), valamint dekontaminálható, többször használható, egyénre szabott BIODÉC típusú védőkámszak (Movitex, Dág, Magyarország), amelyek powered air-purifying respirator (PAPR) rendszerrel – konkrétan Scott PROFLOW 120 SC típusú levegőrásegítő eszközzel (3M Scott Fire & Safety, Monroe, USA) – kerültek kombinálásra. A védőeszközök kiválasztása során figyelembe vettük a szakirodalmi

²¹⁶ Farkas et al. 2020

ajánlásokon túl a kényelmi szempontokat is, különös tekintettel a hosszabb ideig tartó munkavégzés komfortjára. További előnyt jelentett, hogy a kámzsák – ellentétben a fél- és teljesálcokkal – biztonságosan alkalmazhatók arcszűrőzetet viselő személyek esetén is, mivel a levegőrásegítő optimális működése esetén a kámzsa alatt pozitív nyomás uralkodik, alászívás a laza illeszkedés ellenére sincs.



6. sz. ábra: A 2020-as bonctermi gyakorlat során alkalmazott védőfelszerelések (saját szerkesztésű ábra)

A dokumentációs célokat szolgáló technikai eszközpark részeként mikrofonos fülhallgatóval (mobiltelefonhoz csatlakoztatva) és a kámzsa alatt rögzített fejkamerával történtek az audiovizuális felvételek. A mikrofonos rendszer a PAPR ventilátor zajhatása ellenére is jól értelmezhető hangrögzítést biztosított, míg a fejkamera megfelelő képi anyagot szolgáltatott, habár az eszköz korlátozott akkumulátor-kapacitása miatt a felvétel időtartama nem volt optimális. A későbbi gyakorlatokhoz érdemes lehet hosszabb üzemidejű, nagy felbontású kamerákat használni.

A beavatkozás időtartamát egy kijelölt csapattag rögzítette, aki emellett digitális fényképezőgéppel dokumentálta a részfolyamatokat – mind álló-, mind mozgóképes

formátumban. A gyakorlat lezárását követően a boncoló orvos védőruházat nélkül, nyugodt körülmények között, szakorvosi felügyelettel ellenőrizte vissza a gyakorlat során rögzített, diktált és fényképekkel dokumentált patológiai elváltozásokat.

	Boncolóasztalra helyezés	Részletes külvizsgálat	Teljes belszervi vizsgálat	Ujjnyomatolás	Tetem részleges helyreállítása*	Teljes idő / eset
1. eset	1 p 5 mp	4 p 50 mp	27 p 15 mp	6 p 40 mp (3)	7 p 40 mp	47 p 30 mp
2. eset	1 p 40 mp	8 p 35 mp	29 p 40 mp	12 p (5+T)	7 p 20 mp	59 p 15 mp
3. eset	1 p 50 mp	6 p 35 mp	28 p 30 mp	15 p 25 mp (5+T)	8 p 45 mp	61 p 5 mp

9. sz. táblázat: A tréning során rögzített időintervallumok. (A táblázat jelölései: p: perc; mp: másodperc; (3): három ujjlenyomat rögzítése; (5+T): öt ujjlenyomat és tenyérlenyomatok rögzítése; *: a tetem teljes helyreállításához kb. 10-15 perc többletidő szükséges; saját szerkesztésű táblázat)

A gyakorlat legfontosabb megállapításai a következők:

- A teljes boncolási eljárás, beleértve az ujjlenyomat-vételt is, a kiválasztott védőfelszerelések alkalmazásával – a kesztyű kivételével – hatékonyan és kényelmesen végrehajtható. A Honeywell kesztyűk azonban túlzottan csúszósak bizonyultak, ami a boncolt szervek biztonságos megfogását akadályozta; emiatt alkalmazásuk csak jó tapadást biztosító, föléhúzott kesztyűvel együtt javasolt.
- A kámsza alá helyezett mikrofonos fülhallgató – amely mobiltelefonhoz kapcsolódott, diktafonként működve – kiváló hangminőségű felvételt biztosított. A fejkamera képi teljesítménye megfelelő volt, de rövid akkumulátor-élettartama miatt hosszabb gyakorlatokhoz fejlettebb energiatárolási kapacitású eszközök használata ajánlott. A kívánt minimális felbontás 1024×768 pixel.
- A különböző testnedvekkel történő kontamináció három mechanizmusa került azonosításra: fröccsenés, kenődés és lecsöppenés. A fröccsenés elsősorban az alkarok radialis felszínét, valamint a törzset (mellkas, has) érintette. Kenődéses szennyeződés azokon a pontokon jelentkezett, ahol a védőruházat érintkezett a boncasztallal vagy a testtel. A lecsöppenés az alsó végtagokon volt észlelhető. A kenődés és lecsöppenés megfelelő figyelemmel

minimalizálható, míg a fröccsenés ellen vízlepergető védőruházat mellett vízálló kötény alkalmazása javasolt.

- Az ujjlenyomat-vétel porozásos módszerrel történt, BVDA Instant Black por és BVDA Instant Lifters ragasztószalag alkalmazásával. A folyamat kivitelezhető volt a viselt védőkesztyűben is, azonban a kesztyű jelentős mértékben növelte az időszükségletet (akár kétszeresére-háromszorosára). A mintavevő személy védőruházata nem mutatott szabad szemmel látható szennyeződést. A szkennelrel történő ujjnyomat-rögzítés szintén nagy valószínűséggel kivitelezhető lenne, azonban megnövekedett időigénnyel.



7. sz. ábra: Bal oldalon a külső megfigyelő által rögzített kép, jobb oldalon a kámzsa alatt felvételt készítő kamera képe néhány pillanattal később (Héder Katalin és a szerző felvétele)



8. sz. ábra: A fröccsenéssel (kék), kenődéssel (zöld) és lecsöppenéssel (sárga) létrejövő szennyeződési mintázatok (Dr. Babinszky Gergely felvételei)



9. sz. ábra: Ujjnyomatolás és szervfelvágás a gyakorlat alatt (Dr. Babinszky Gergely felvételei)

Összességében elmondható, hogy a tréning sikerrel zárult, a szerzett tapasztalatokat a későbbiek során a valós COVID-19 esetek kapcsán is kamatoztatni tudtuk.

3.3.2. Éles post mortem műveletek 2020. októbere és 2022. márciusa között

A SARS-CoV-2 pandémia első magyarországi hullámában, a szigorú járványügyi intézkedéseknek köszönhetően az MH EK Patológiai és Kórszövettani Diagnosztikai Osztályán elvétve találkoztunk csupán COVID-19 betegségben elhunytakkal. 2020. októberétől azonban egyre növekvő számban kezdtek megjelenni a gyanús, valószínűsített, illetve megerősített halálesetek. A korábbi gyakorlat tapasztalataira építve a 2022. márciusáig tartó időszakban összesen 65 SARS-CoV-2 fertőzött, ante mortem vagy post mortem mintavétellel megerősített elhunytat boncoltunk fel.

A halottakat két külön metodika szerint vizsgáltuk. Az adott infrastrukturális elemeinket igyekeztük a kihíváshoz igazítani, azaz az izolációt megerősíteni, a légtechnika hiányosságát emelt szintű védőfelszereléssel kompenzálni, továbbá szigorúan betartani a mentesítési

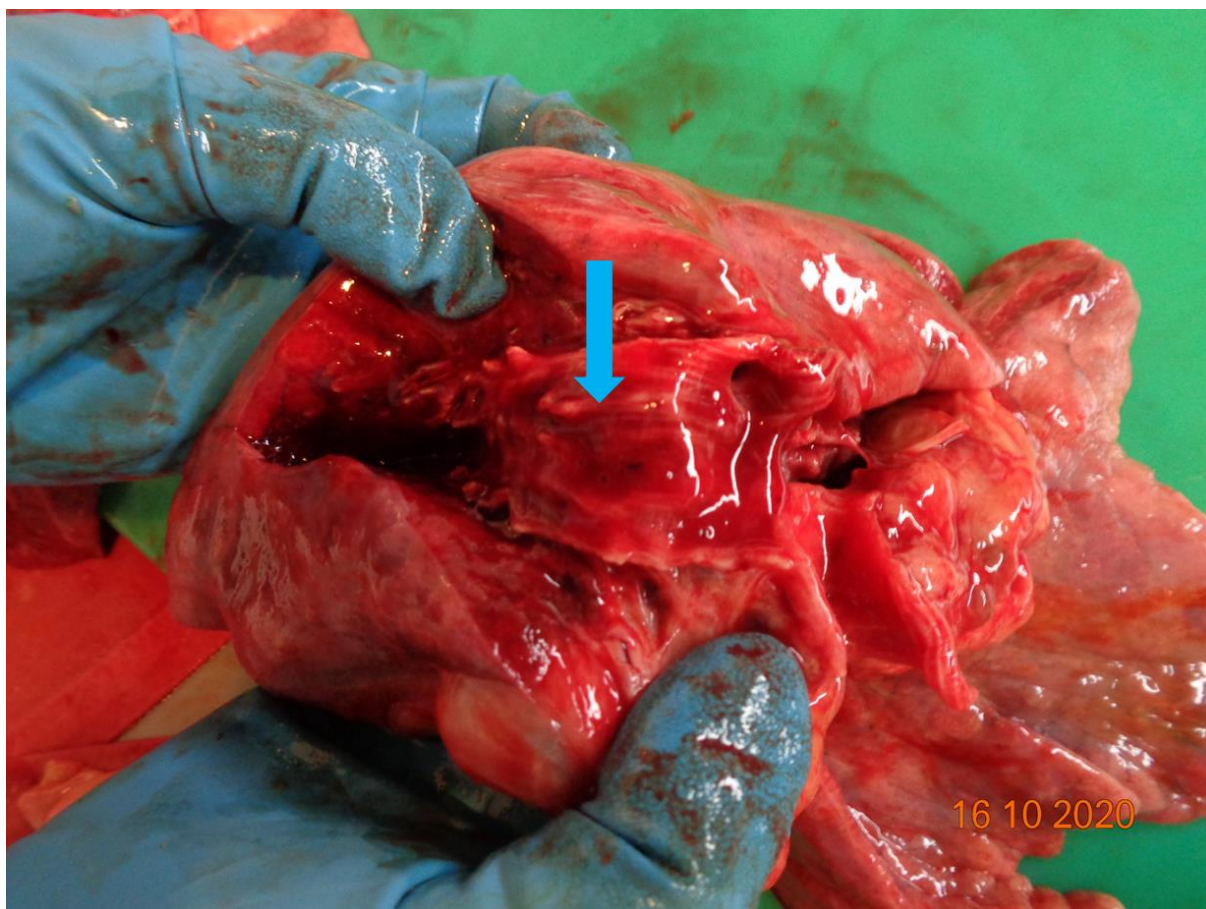
előírásokat. A nagyobb csoportban, 57 esetben rutin boncteknikát alkalmazva, rutin szövettani vizsgálatokat végezve állapítottuk meg a halálloki folyamatsort. Egy kisebb, szelektált csoportnál az ante mortem SARS-CoV-2 kimutatására irányuló törekvéseket post mortem gyorseszteszt és szövetfragmentumokból végzett PCR vizsgálattal egészítettük ki, a virális partikulumok szöveti megoszlási mintázatának feltárása érdekében. A mintavétel keretében in situ technikát, alaposan dekontaminált (5% hypo) mintavételi eszközöket alkalmaztunk; antigén alapú gyorsesztesztet végeztünk az orrüregből és a trachea alsó harmadából, valamint PCR vizsgálatot a trachea alsó harmadából és a 2-3. rendű hörgőkből származó nyákból, illetve a légcsőből, tüdőből, szívből, májból, veséből és agyból definitív szövetrészek formájában. Ezek eredményeiről az alábbi táblázat tudósít:

Eset	Eset 1	Eset 2	Eset 3	Eset 4	Eset 5	Eset 6	Eset 7	Eset 8
Nasopharingealis gyorseszteszt	pozitív	pozitív	pozitív	negatív	pozitív	pozitív	pozitív	pozitív
Trachea alsó harmad gyorseszteszt	pozitív	pozitív	pozitív	negatív	pozitív	pozitív	pozitív	negatív
Trachea alsó harmad törlet PCR	pozitív	pozitív	pozitív	negatív	pozitív	pozitív	pozitív	pozitív
Bronchialis törlet PCR	pozitív	pozitív	pozitív	negatív	pozitív	pozitív	pozitív	pozitív
Légcső PCR	pozitív	pozitív	pozitív	negatív	pozitív	pozitív	pozitív	pozitív
Tüdő PCR	pozitív	pozitív	pozitív	pozitív	pozitív	pozitív	pozitív	pozitív
Szív PCR	negatív	pozitív	negatív	negatív	negatív	pozitív	negatív	negatív
Máj PCR	pozitív	pozitív	pozitív	negatív	negatív	pozitív	pozitív	negatív
Vese PCR	pozitív	pozitív	pozitív	negatív	negatív	pozitív	pozitív	pozitív
Agy PCR	negatív	negatív	negatív	negatív	negatív	pozitív	negatív	negatív

10. sz. táblázat: A post mortem antigén gyorseszteszt valamint PCR eredmények a szelektált boncolási esetekben. (Megjegyzendő, hogy a 6-os esetben a pozitív eredmények keresztkontamináció révén jöhettek létre, mivel kommunikációs hiba miatt nem in situ történt

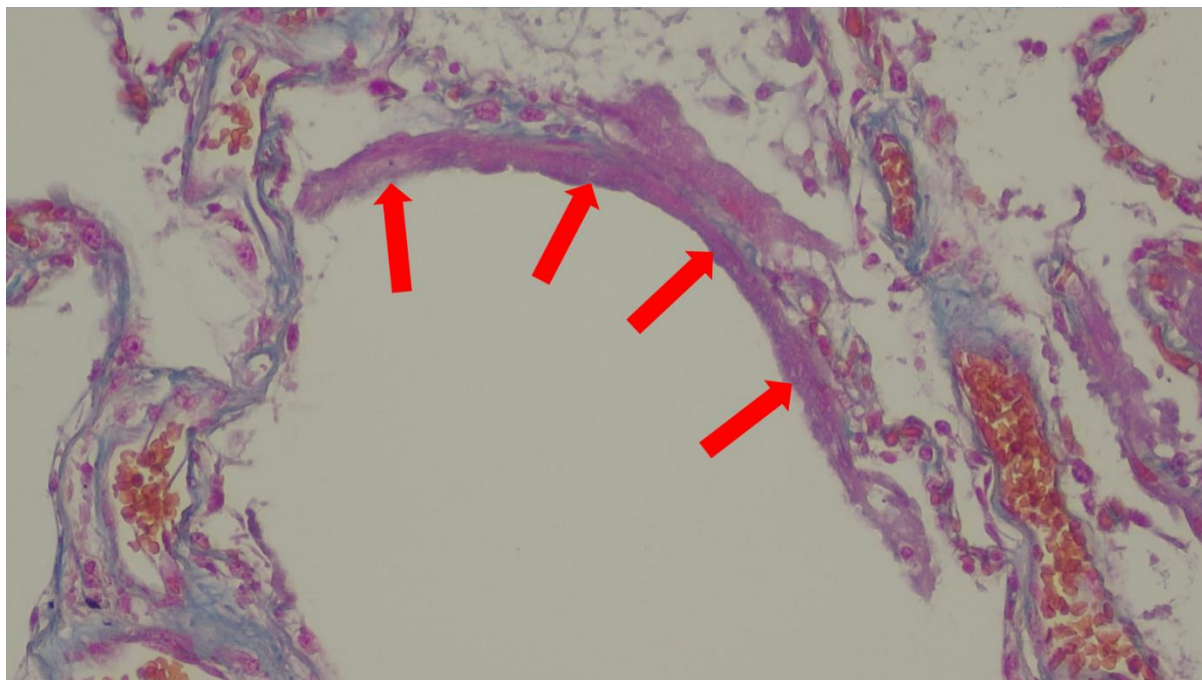
a mintavétel, hanem már eltávolított szervekből. Az eset azonban tanulságos volt, mivel igazolhatóvá vált, hogy az szerveltávolítás már önmagában elégséges a minták kontaminációjához. Saját szerkesztésű táblázat)

A vizsgálati populáció adatairól elmondható, hogy a 65 elhunyt közül 35 férfi, 30 nő boncolására került sor. A legfiatalabb vizsgált személy 36 éves, a legidősebb 95 éves volt a halálozás pillanatában; a vizsgálati csoport átlagéletkora 69,9 évben határozható meg. A teljes vizsgálati populációt tekintve mindössze 2 esetben nem találtunk a SARS-CoV-2 fertőzésen és COVID-19 betegségen kívül alapbetegséget; a haláloki folyamatsor alapját a legtöbb esetben szív- és érrendszert érintő elváltozások (37 elhunyt), malignus daganatok (10 elhunyt), illetve légzőrendszert érintő krónikus betegségek (8 elhunyt) képezték. A 65 esetből összesen 47 boncolás során került megállapításra a haláloki folyamatban a COVID-19 betegség definitív szerepe. Fontos továbbá kiemelni, hogy a csoportból 29 fő kapott 1 vagy több védőoltást; ezen szubpopulációból 8 esetben az oltást követően 30 napon belüli halálozás következett be, SARS-CoV-2 pozitivitás mellett. A kórboncolás során mind a 8 esetben a halálozást a COVID-19 betegséghez tudtuk kötni, oltáshoz kapcsolható elváltozást nem azonosítottunk.

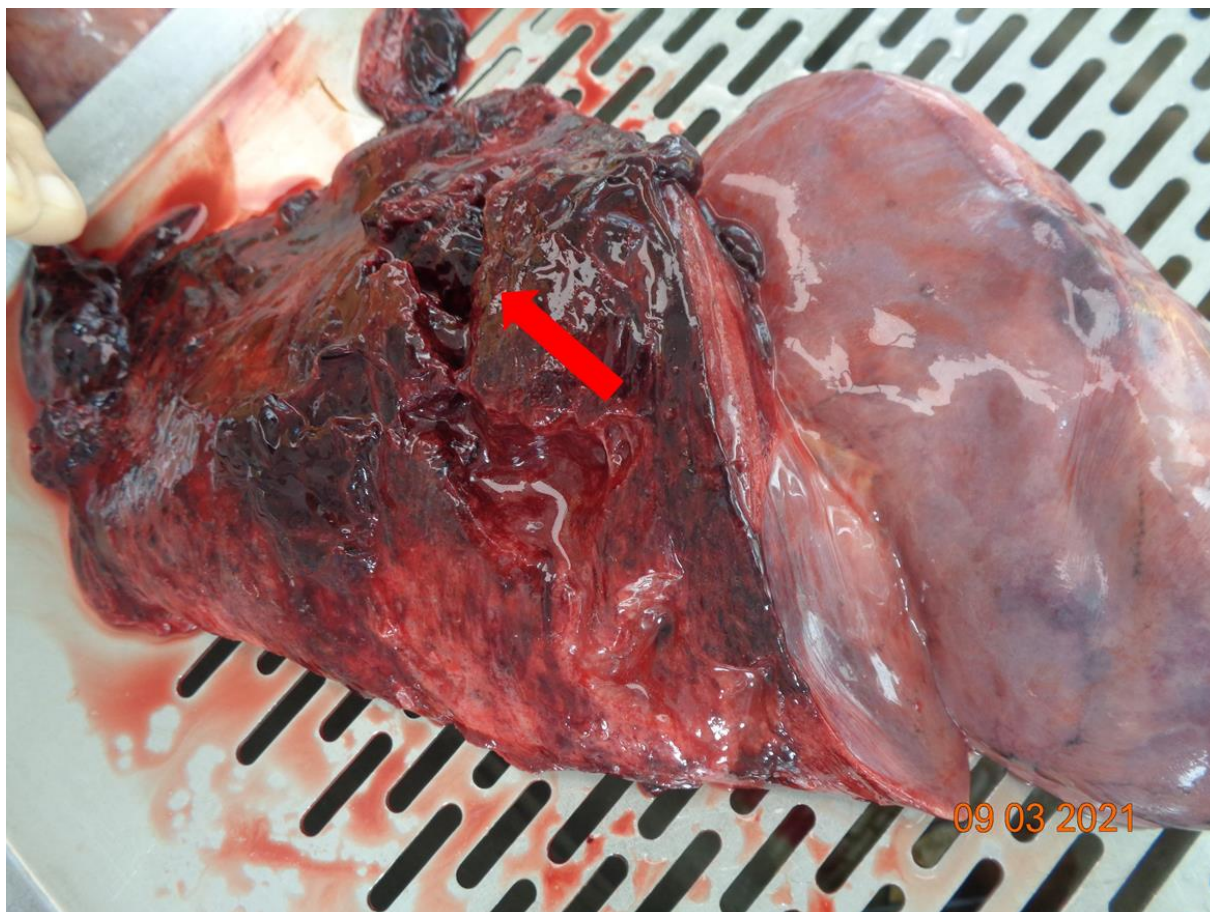


16 10 2020

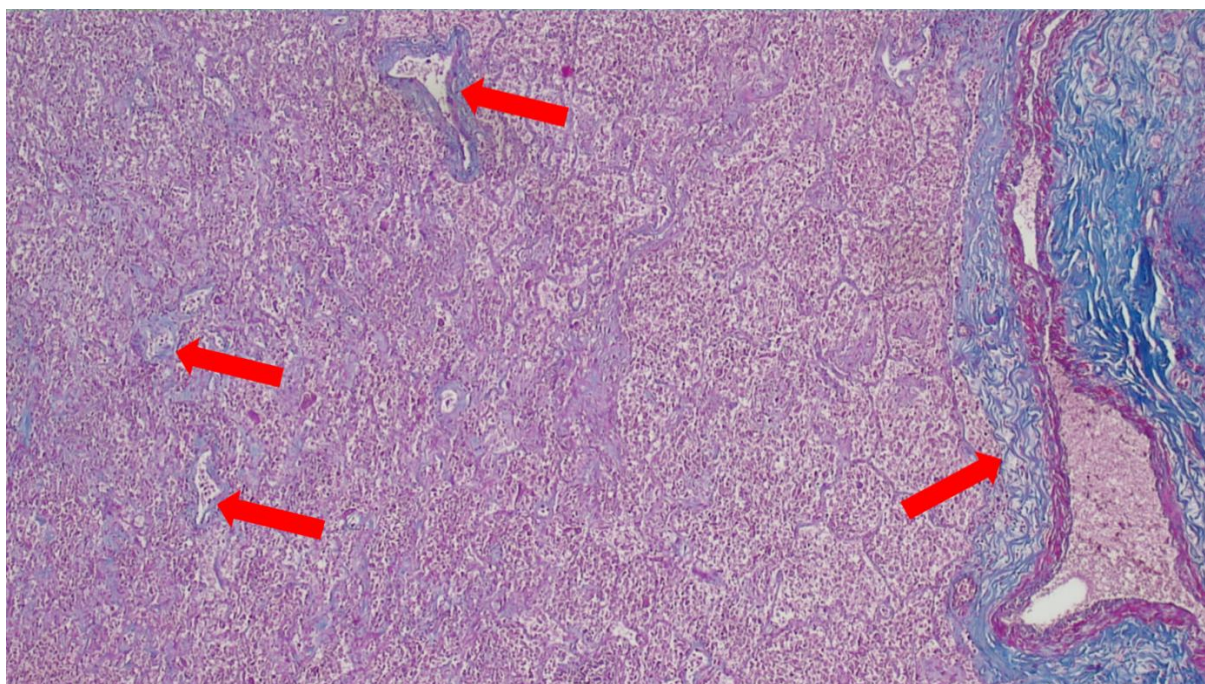
10. sz. ábra: 60 éves elhunyt tapintással oedemás (tészta) jellegű, metszlapon élénk szederjesvörös állományú tüdője. (A nyíl a szintén élénk szederjesvörösén elszíneződött hörgőkre mutat. Saját felvétel)



11. sz. ábra: Diffúz alveoláris károsodás, exsudatív fázis; a nyilak a fázis diagnózisában meghatározó hyalin-membránt jelölik. (Trichrome festés, 400x, saját felvétel)



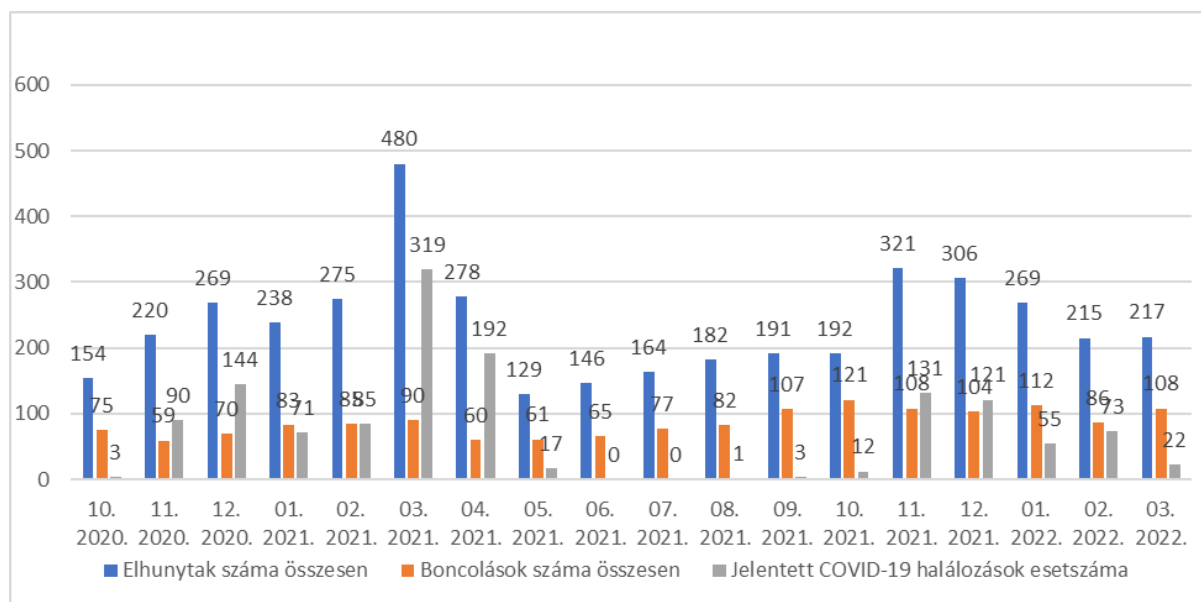
12. sz. ábra: 36 éves ECMO-kezelésben részesült elhunyt kiterjedt bevérzésekkel, mállékony, szakadékony állománnyal jellemezhető tüdője. (A nyíl struktúráját elvesztett tüdőrésztetre mutat, melyről a véralvadék már eltávolításra került. Saját felvétel)



13. sz. ábra: Diffúz alveoláris károsodás, organizáló fázis. (A tüdő alapstruktúrája kiterjedten károsodott, megsemmisült, csupán „árnyék” szinten felismerhető, a nyilakkal jelölt erek relatív megkíméltsége mellett; Trichrome festés, 40x, saját felvétel)

Összességében elmondható, hogy a boncolásokat a jogszabályi kötelezettségek mentén előírt esetekben meg tudtuk valósítani, a post mortem munkavégzéshez kapcsolódóan megbetegedés az osztályunkon nem történt. Az in situ mintavételi technika, amelyet a SARS-CoV-2 vírus partikuláinak kimutatására dolgoztunk ki, jól alkalmazhatónak bizonyult.

Érdemes még megemlíteni a járvány következményeként manifesztálódó logisztikai kihívást, nevezetesen a halotthűtő kapacitás kihasználtságát, amely a járvány hullámaint követve mutatott szignifikáns kiugrásokat. A régi patológiai épület hűtőjét, továbbá mobil eszközöket alkalmazva, az elhunytszállítást végző temetkezési vállalatokkal folytatott aktív kétirányú kommunikációval sikerült a helyzetet kezelni. Megfontolandó ugyanakkor, hogy a 128-ra bővített maximális férőhelyszám mellett is problémát jelentett az éves átlagos elhunyszámhoz (kb. 2000) képest például 2021. márciusában 480 halott tárolása és elszállíttatása, akik közül 319 volt SARS-CoV-2 fertőzött. Az elhunytak számáról, a fertőzöttekről és a havi boncolásokról a következő ábra tanúskodik:



11. sz. táblázat: az MH EK Patológiai és Kórszövettani Diagnosztikai Osztályán kezelt elhunytak, boncoltak és a teljes halottszám alakulása 2020. októbere és 2022. márciusa között²¹⁷ (saját szerkesztésű ábra)

²¹⁷ Farkas 2024

3.4. A SARS-CoV-2 vírus, mint potenciális biológiai fegyver

A haláloki folyamat tisztázásán, valamint adott esetben az áldozatok azonosításán túl a CBRN ágensek elleni küzdelemben fontos szerepet játszik a patomechanizmus feltárás, valamint az ágensek egyéb tulajdonságainak jellemzése is. Ezekből fakadóan lényeges, hogy a post mortem műveleteket el tudjuk végezni, hiszen az így nyert információkat további célokra is felhasználhatjuk. Többek között lehetővé válhat az ágensek tulajdonságai mentén végrehajtott kockázatértékelés, kategorizálás. A SARS-CoV-2 vírusról már a pandémia korai szakaszában is felmerült, hogy biológiai fegyverről lehet szó. A kórokozó egyre alaposabb megismerésével, az általa okozott járvány sajátosságainak feltárásával lehetőség nyílt annak értékelésére, hogy valós származásától függetlenül, egyáltalán alkalmas lehet-e biológiai fegyvernek, illetve, amennyiben igen, milyen szintű potenciális fenyegetést jelenthet.

A felmerült kérdés tisztázásához szerzőtársaimmal 2022-ben kutatást végeztünk²¹⁸, egy korábbi publikáció kritériumrendszerét követve. A SARS-CoV-2 vírus biológiai fegyverként való fenyegetésének megfelelő értékeléséhez a Theodore J. Cieslak és munkatársai által 2018-ban publikált tanulmányban javasolt biológiai fegyver kockázatértékelési eszközt (Bioweapon Risk Assessment Tool, BRAT) használtuk fel²¹⁹. Az eredeti cikkben a szerzők szakértők között végeztek kérdőíves felmérést, amelyben 12 különböző kritérium alapján rangsorolták a vizsgált biológiai fegyverjelölteket. Mivel a SARS-CoV-2 viszonylag újonnan azonosított vírusnak számít, különösen kutatásunk 3 évvel ezelőtti időpontjában, továbbá néhány alapvető tulajdonsága még most sem ismert pontosan, vagy intenzív kutatás tárgyát képezi, kérdőíves felmérésre nem volt lehetőségünk; ehelyett célzott szakirodalmi keresést végeztünk, hogy a lehető legfrissebb, megbízható adatokat összegyűjtve tudjuk elvégezni a pontozást.

A kereséshez a PubMed keresőmotort használtuk, a „SARS-CoV-2” és „COVID-19” kulcsszavakat kombinálva a BRAT 12 kritériumával (fertőzőképesség; fertőzés-betegség arány; prediktabilitás és lappangási idő; morbiditás és mortalitás; nagyobb mennyiségben előállíthatóság és tárolhatóság; aeroszolstabilitás; környezeti stabilitás; átadhatóság; terjeszthetőség; megelőző beavatkozási lehetőségek; terápiás ellátási lehetőségek; kimutathatóság). A tudományos evidenciaszintek figyelembevételével, ahol lehetett, rendszerezett áttekintéseket és meta-analíziseket kerestünk. Az összegyűjtött adatok alapján a

²¹⁸ Farkas et al. 2023

²¹⁹ Cieslak et al. 2018

SARS-CoV-2 tulajdonságait 0–3-as Likert-skálán pontoztuk, ahol 0 a legalacsonyabb, 3 a legmagasabb potenciált jelölte a biológiai fegyverként való alkalmazhatóság aspektusából.

3.4.1. Fertőzőképesség

Kutatásunk idején a SARS-CoV-2 vírus fertőzőképességét emberek esetében még nem mérték validált kísérleti körülmények között. Az akkor elérhető irodalmi adatok statisztikai elemzéseken, állatkísérletes modelleken, illetve hasonló korábban vizsgált (vagy becsült) kórokozók alapján történő becsléseken alapulnak. A fertőzőképesség kvantifikálásához az eredeti biológiai fegyver értékelési rendszer az ID50 értéket használja, amely azt a patogénmennyiséget jelöli, amely az adott fogékony populáció 50%-át képes megfertőzni²²⁰. A fertőzőképességet nemcsak a kórokozó és a gazdaszervezet tulajdonságai befolyásolják, hanem a terjedés módja is. Például az intranazális inokuláció nem azonos ID50 értéket eredményez, mint az aeroszolos fertőzés²²¹. Ha elfogadjuk a humán influenzavírusok, a SARS-CoV-1, a MERS-CoV és a SARS-CoV-2 közötti hasonlóságot, az becsült ID50 érték 100 és 1000 közé tehető, ami alapján a SARS-CoV-2 mérsékelten fertőző ágensnek minősül, és 2-es pontszámot kap a BRAT-skálán.

3.4.2. Fertőzés–betegség arány

A BRAT rendszerben egy potenciális biológiai fegyver megbízhatóságát a fertőzés–betegség arány határozza meg. A SARS-CoV-2 esetében a nemzetközi szakirodalom széles körű adatokat közöl erről, ami érthető annak fényében, hogy világszerte több százmillió laboratóriumiilag megerősített eset fordult elő. Azonban nehéz egyetlen számértéket rendelni ehhez az arányhoz, mivel az jelentősen változik az egyes alcsoportok (például multimorbiditás vagy életkor) szerint, amelyek befolyásolják a fertőzés lefolyását. Egy további korlátozó tényező, hogy még tünetmentes fertőzöttek esetében is előfordulhat szubklinikai szervkárosodás²²².

²²⁰ Schröder 2020

²²¹ Karimzadeh – Bhopal – Nguyen Tien 2021

²²² Oran – Topol 2020

Az USS Theodore Rooseveltt repülőgép-hordozón történt járványkitörés során a laboratóriumiilag igazolt fertőzöttek 43%-a nem mutatott tüneteket²²³. Egy 2021 nyarán publikált metaanalízis a tünetmentes esetek arányát 35,1–36,9% közé becsülte²²⁴. Ezek az adatok a SARS-CoV-2-t magas fertőzés–betegség arányú kórokozóként kategorizálják, ami 2-es pontszámot jelent a BRAT-értékelésben.

3.4.3. Prediktabilitás és lappangási idő

Az eredeti BRAT rendszerben a lappangási idő értékeléséhez négy kategória tartozik: „nagyon alacsony” (pontszám: 0 – nagyon hosszú és/vagy változó lappangás), „alacsony” (1), „közepes” (2), és „magas” (3 – rövid és/vagy jól előre jelezhető lappangási idő)²²⁵. Egy biológiai fegyver alkalmazása során általában előnyös a rövid és kiszámítható lappangási idő, mivel ez segítheti a pánikkeltést és az egészségügyi rendszer túlterhelését. Ugyanakkor bizonyos esetekben a hosszú, tünetmentes lappangási idő is előnyt jelenthet, mivel így a figyelemfelkeltő tünetek hiányában a kimutatási törekvések késedelmet szenvedhetnek, a járvány könnyebben rejtve maradhat.

Egy Cheng és szerzőtársai által publikált metaanalízis szerint a SARS-CoV-2 átlagos lappangási ideje 6–7 nap (1–34 napos tartományban)²²⁶. Ha figyelembe vesszük, hogy például a ricin az expozíciót követően néhány órán belül tüneteket okoz, míg az anthrax akár 2 hónapos lappangási idővel is rendelkezhet, akkor a SARS-CoV-2 közepes lappangási idejű kórokozónak tekinthető, így 2 pontot kap a BRAT-rendszerben.

3.4.4. Morbiditás és mortalitás

A BRAT rendszer ezen kategóriája egyértelműbb irányelveket ad, de a SARS-CoV-2 morbiditási és mortalitási mutatói változékonyak. A vírus jelentős virulenciával rendelkezik, és elsősorban a légzőrendszer súlyos érintettségét okozza²²⁷. Mutációi befolyásolják a morbiditást

²²³ Kasper et al. 2021

²²⁴ Sah et al. 2021

²²⁵ Cieslak et al. 2018

²²⁶ Cheng et al. 2021

²²⁷ SeyedAlinaghi et al. 2021

és a mortalitást is — például az Alfa variánsról feltételezhető, hogy emelkedett halálozási kockázattal jellemezhető, a vad variánshoz képest²²⁸.

Egy Magyarországon végzett boncolási tanulmány szerint az esetek 57%-ában a halál oka erősen összefüggött a SARS-CoV-2 fertőzéssel, 27%-ban hozzájárult, 16%-ban csak gyenge összefüggés volt feltárható²²⁹. A különböző áttekintések alapján a vírus esethalálozási aránya 1% és 10% közé tehető²³⁰. Mindezek alapján a vírus közepes morbiditású és mortalitású, és 2 pontot kap a BRAT-skálán.

3.4.5. Nagyobb mennyiségben előállíthatóság és tárolhatóság

Ebben a kategóriában nehéz objektíven értékelni a SARS-CoV-2 vírus jelentette kockázatot. Mit tekintünk „nagy mennyiségűnek”? Néhány gramm biológiai fegyverként alkalmazott mikroorganizmus, hatékony terjesztési módszerrel, akár több száz vagy ezer ember fertőzésére is elegendő lehet. A közvéleményben pánik kiváltásához vagy konkrét célok eléréséhez a legtöbb terrorista nem igényel több tonnányi ágenst. Azonban nem szabad elfelejteni, hogy megfelelő biztonsági előírások betartása nélkül nehéz a patogéneket szaporítani.

A SARS-CoV-2 izolált, élő vírusával való munka a legtöbb ajánlás szerint 3-as biológiai biztonsági szintet kimerítő (BSL-3) körülményeket igényel²³¹. A vírus sejtvonalakon keresztül tenyészthető, amelyek lehetnek humán vagy állati eredetűek. Például a Vero E6 sejtvonal könnyen hozzáférhető, jól dokumentált fenntartási és szaporítási eljárásokkal rendelkezik²³². Egy további közvetett bizonyíték a nagymennyiségű előállíthatóságra, hogy jelenleg is folynak élő, attenuált vírust tartalmazó vakcinák fejlesztései, amely elképzelhetetlen lenne hatékony tenyésztési módszerek nélkül²³³. Ezen információk alapján a SARS-CoV-2 vírus 3 pontot kap a BRAT-kritérium szerint.

²²⁸ Challen et al. 2021

²²⁹ Danics et al. 2021

²³⁰ Luo et al. 2021; He – Yi – Zhu 2020; Alimohamadi et al. 2021

²³¹ Wurtz et al. 2021

²³² Folguez et al. 2021; Ammerman – Beier-Sexton – Azad 2008; Ogando et al. 2020

²³³ Wang et al. 2021; Trimpert et al. 2021

3.4.6. Aeroszolstabilitás, környezeti stabilitás és átadhatóság

E három BRAT-kritérium a SARS-CoV-2 esetében szoros összefüggésben áll, ezért értékelésük együtt logikus. A szakirodalmi adatok szerint a vírus életképes aeroszolt képezhet, legalábbis kísérleti körülmények között, amelynek a féléletideje levegőben körülbelül 1 óra, azonban életképes virionok akár egy napon át is kimutathatók aeroszolizált formában²³⁴. Ez lehetővé teheti a „cseppmagvas” (*dropleit nuclei*) cseppfertőzés lehetőségét, amely tény ugyan nem erősített meg vitathatatlan formában, de egyre több adat utal arra, hogy az aeroszokok ilyen módon fontos szerepet játszanak a betegség terjedésében²³⁵. Természetesen a környezeti tényezők, például hőmérséklet, páratartalom és UV-fény jelentősen befolyásolják a vírus életképességét²³⁶. A legrosszabb eshetőséggel számolva a SARS-CoV-2 vírus 3-as pontszámot érdemel aeroszolstabilitás és átadhatóság kategóriákban.

A környezeti stabilitás, vagyis a vírus élettartama élettelen felületeken szintén fontos tényező a biológiai fegyverpotenciál megítélésében. Egy korai vizsgálat szerint a vírus műanyag és rozsdamentes acél felületeken akár 72 óráig életképes²³⁷. Egy újabb szisztematikus áttekintés szerint laboratóriumi körülmények között és szobahőmérsékleten akár 28 napig is életben maradhat üveg, acél, műanyag vagy papír bankjegy felületén²³⁸. Összehasonlítva az anthrax spórákkal, amelyek évekig fertőzőképesek maradhatnak, a SARS-CoV-2 mérsékelt környezeti stabilitással rendelkezik, így ebben a kategóriában 2-es pontszámot kap.

3.4.7. Terjeszthetőség

Ez a jellemző sem könnyen értékelhető. Nincsenek nyilvánosan elérhető adatok SARS-CoV-2 vírus fegyveres terjesztésének megkísérlésére vonatkozóan. A BRAT kritériumrendszer a következő kategóriákat javasolja: 0 – gyakorlatilag lehetetlen nagyobb mennyiségben terjeszteni; 1 – alacsony (összetett stabilizációs, aerobiológiai és diszperziós technikákat

²³⁴ Jarvis 2020; Fears et al. 2020

²³⁵ Jarvis 2020

²³⁶ Schuit et al. 2021

²³⁷ van Doremalen et al. 2020

²³⁸ Marzoli et al. 2021

igényel); 2 – közepes (permetezési technika szükséges); 3 – magas (ballisztikus fegyverrel is szórható)²³⁹.

A fentebb ismertetett adatok alapján feltételezhető, hogy megfelelő permetezési technikával a vírus nagy mennyiségben terjeszthető. Nem világos, hogy a vírus túlélne-e egy ballisztikus transzport okozta traumát, de bizonyos vizsgálatok szerint jelentős mechanikai ellenállással rendelkeznek, így az enyhébb fizikai behatással járó terjesztési módszerek elképzelhetőek²⁴⁰. Ezért a SARS-CoV-2 2 pontot kap a terjeszthetőség BRAT-kritériumra.

3.4.8. Megelőző beavatkozások elérhetősége

Amikor 2020 végén megjelentek az első vakcinák, sokan remélték, hogy a világjárványnak hamarosan vége lesz. Azonban ez a remény gyorsan szertefoszlott az oltásellenes mozgalmak és az újabb vírusvariánsok okozta áttöréssel fertőzések miatt. Az oltásellenes mozgalmak önmagukban is sérülékenységi tényezőként azonosíthatók a biológiai ágensek elleni védekezésben²⁴¹. Egyre több országban vált kötelezővé az oltás bizonyos csoportok számára (pl. egészségügyi dolgozók, fegyveres erők tagjai), de továbbra is problémát jelentett az oltás egyenlőtlen hozzáférhetősége, illetve a mutációk miatti vakcina-hatékonyság csökkenés.

Összefoglalva: bár a megelőző intézkedések (vakcinák) világszerte elérhetők, nem tekinthetők egyetemes és kizárólagos megoldásnak a járványkezelés tanulságai alapján, így a SARS-CoV-2 vírus ebben a kategóriában 1 pontot kap.

3.4.9. Terápiás ellátás elérhetősége

A megelőző intézkedésekkel ellentétben a terápiás lehetőségek erősen korlátozottak. Számos randomizált kontrollált vizsgálat cáfolta az alkalmazott szerek hatékonyságát, a kortikoszteroidok nevezetes kivételével²⁴². A legtöbb antivirális, immunmoduláns és

²³⁹ Cieslak et al. 2018

²⁴⁰ Kiss et al. 2021

²⁴¹ Lyon 2021

²⁴² Scavone et al. 2022

gyulladáscsökkentő szer nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket. A postmortem vizsgálatok továbbra is gyakori mikro- és makrotrombusokat mutattak ki, még antikoaguláns terápia mellett is²⁴³. Habár az adekvát terápiás lehetőségek hiánya korlátozhatja a biofegyverként történő alkalmazást is, az igazán fanatikus potenciális bioterroristák számára a hatékony kezelés hiánya nem feltétlenül elégséges visszatartó erő. Összességében a SARS-CoV-2, a korlátozott terápiás beavatkozásokból fakadóan 2 pontot kap a releváns BRAT-kategóriában.

3.4.10. Kimutathatóság

Ez talán az egyetlen terület, ahol viszonylag gyorsan áttörés született a járvány elleni küzdelemben. Az antigéngyorsteszték széleskörű elérhetősége, valamint a PCR-vizsgálatok növekvő sebessége és kapacitása lehetővé tette a vírus viszonylag gyors kimutatását²⁴⁴. Ugyanakkor az új variánsok antigénszerkezete eltérhet, így a nem optimalizált gyorsteszték hatékonysága csökkenhet. Ezen túlmenően csak megbízható gyártótól származó gyorsteszték alkalmazása javasolt. Összességében a SARS-CoV-2 nem jelent kiemelkedő fenyegetést ezen a téren, így 0 pontot kap a BRAT-skálán.

3.4.11. Összegzett következtetések a SARS-CoV-2 biofegyver potenciálját illetően

Elemzésünk alapján a SARS-CoV-2 vírus a jövőben biológiai fegyverjelöltté válhat. A BRAT rendszer 12 kritériuma alapján a vírus összesen 24 pontot ért el a 36-ból.

Pontszám kategória	0	1	2	3	SARS-CoV- 2 pontszáma
fertőzőképesség	nem fertőző	enyhén fertőző (ID50>1000 organizmus)	mérsékelten fertőző (ID50 10-1000 organizmus)	kifejezetten fertőző (ID50 1-10 organizmus)	2

²⁴³ Danics et al. 2021

²⁴⁴ Khandker et al. 2021

fertőzés-betegség arány	alacsony (kevesebb mint egy klinikailag releváns megbetegedés 100 fertőzött esetből)	mérsékelt (1 a 10-ből és 1 a százból között)	magas (több, mint 1 beteg 10 fertőzöttből)	bizonyos (közel az összes fertőzött klinikailag releváns tüneteket mutat)	2
prediktabilitás és lappangási idő	nagyon alacsony (nagyon hosszú és/vagy variábilis inkubációs idő)	alacsony	közepes	magas (rövid és/vagy könnyen kiszámítható lappangási idő)	2
morbiditás és mortalitás	minimális	alacsony (inkapacitáló ágensek)	közepes (magas morbiditás és/vagy lehetséges mortalitás)	magas (halálos ágensek)	2
nagyobb mennyiségben előállíthatóság és tárolhatóság	közel lehetetlen nagyobb mennyiségben előállítani	nehéz (embriókat vagy egyéb élő szervezetet igényel a tenyésztés)	mérsékelt (genetikai technikával sejtekben tenyészthető)	könnyű (könnyen tenyészthető mesterséges közegben)	3
aeroszol stabilitás	nagyon alacsony (lehetetlen homogén aeroszol forma képzése)	alacsony	mérsékelt	magas (2-3 mikrométeres homogén aeroszol partikulumokat képezhet)	3
környezeti stabilitás	nagyon alacsony (nem stabilizált organizmus lebomlása a környezetben)	alacsony	mérsékelt	magas (normál atmoszferikus körülmények között relatíve)	2

	magasabb, mint 3%/perc)			stabil, nem bomlik)	
átadhatóság	emberről emberre nem átadható	csak kontaktus útján fertőz	Respirációs mechanizmussal létrejövő cseppekkel terjed	„cseppmagvakkal” (<i>droplet nuclei</i>) terjed	3
terjeszthetőség	gyakorlatilag lehetetlen nagyobb mennyiségben szétszórni	alacsony (kifinomult stabilizációs, aerobiológiai és szórási technikát igényel)	mérsékelt (permetezéssel technika szükséges)	magas (ballisztikus fegyverekkel szórható)	2
megelőző beavatkozási lehetőségek	megelőző beavatkozások rendelkezésre állnak, vagy nem szükségesek	antibiotikumok és/vagy védőoltások elérhetők	antibiotikumok hatástalanok, vakcinák készíthetők ha elegendő idő áll rendelkezésre	nincs ismert, hatékony megelőző beavatkozási lehetőség	1
terápiás ellátási lehetőségek	terápiás beavatkozások rendelkezésre állnak, vagy nem szükségesek	antibiotikumok rendelkezésre állnak	antibiotikumok hatástalanok vagy nem állnak rendelkezésre	nincs ismert, hatékony terápiás beavatkozási lehetőség	2
kimutathatóság	Gyorsteszt elérhető	Hagyományos laboratóriumi teszt elérhető	Speciális laboratóriumi kapacitás szükséges	Nincs elérhető kimutatási módszer	0
Összpontszám					24/36

12. sz. táblázat: Az eredeti BRAT kritériumrendszer, a SARS-CoV-2 vírus pontszámaival (saját szerkesztésű táblázat)

Mivel az értékelés során nem szakértői felmérést, hanem irodalmi adatokon alapuló minősítést alkalmaztunk, az eredmények nem hasonlíthatók közvetlenül az eredeti BRAT-validációs tanulmányban foglaltakhoz. Ennek ellenére fontos felhívni a szakértők és döntéshozók figyelmét arra a lehetőségre, hogy a COVID–19-betegség kórokozója biológiai fegyverként is alkalmazható lehet.

A SARS-CoV-2 folyamatosan változó variánsai miatt az itt bemutatott pontozás idővel módosulhat. A bioterroristák várhatóan olyan variánsok iránt érdeklődhetnek, amelyek nagyobb fertőzőképességgel és súlyosabb lefolyással járnak; e tulajdonságok genetikai módosítás útján történő további fokozása sem kizárt elméleti lehetőség. Az aszimptomatikus hordozás, amely rejtett szövetkárosodással társul, szintén szolgálhatja a bioterrorizmus céljait. Ezek a tényezők alátámasztják azt, hogy a szokatlan tünetekkel járó variánsok nyomon követése kiemelten fontos.

Az oltottak számának növekedésével a vírusra nehezedő szelekciós nyomás egyre jelentősebb. Ugyanakkor nem szabad elfelejteni, hogy a SARS-CoV-2 — ahogyan a bevezetésben is említettük — állati gazdaszervezetekben is képes túlélni, így a zoonózis és a reverz-zoonózis is valós veszély. Ez lehetőséget adhat újabb variánsok megjelenésére, még akkor is, ha emberi populációban már kialakult a nyájimmunitás. Továbbá ez a körülmény nem konvencionális módot biztosíthat bioterroristák számára a vírustörzsek „elrejtésére” és megőrzésére. Mindezek fényében a nagy szaporodási rátájú állati rezervoárok (pl. rágcsálók) rendszeres monitorizálása, különösen sűrűn lakott városi területeken, a jövőben szükségessé válhat.

A világjárvány rávilágított arra, hogy az oltásellenes mozgalmakon túl más tényezők is gyengíthetik a vírus elleni küzdelmet. Az egyik ilyen sebezhetőség a személyi védőfelszerelések hiánya, amely különösen a járvány korai szakaszában jelentett komoly problémát²⁴⁵. Ez az észrevétel szerintünk szintén beépíthető a BRAT-rendszerbe. Egy adott biológiai ágens esetén a biztonságos munkavégzéshez szükséges védőfelszerelés típusa és rendelkezésre álló mennyisége számos szempontból releváns. Gazdasági oldalról nézve a PPE drága lehet, és nem mindig áll rendelkezésre a szükséges nagy mennyiségben. Emellett, ha a megfelelő védettségi szintet nyújtó eszközök nem elérhetők, akkor a legfontosabb szolgálatot teljesítő személyek (pl. egészségügyi dolgozók, mentők, katonák) is fokozott fertőzési kockázatnak lesznek kitéve, ami a helyzet gyors eskalációjához vezethet. A magasabb szintű

²⁴⁵ Lyon 2021

védőfelszerelés használata speciális kiképzést is igényel, ami tovább korlátozhatja a bevethető személyzetet, és így növelheti a biológiai fegyver potenciált.

Mindezek tükrében javasoljuk tehát egy új értékelési skála bevezetését, ahol:

- 0 pont: minimális PPE (pl. sebészi maszk, gumikesztyű)
- 1 pont: alapszintű, minimális kiképzést igénylő PPE (pl. FFP3 félálarc)
- 2 pont: középszintű PPE (pl. drágább overall, komolyabb légzésvédelem)
- 3 pont: magas szintű, drága és speciális képzést igénylő PPE

A járvány nemcsak gazdasági következményekkel járt, hanem a társadalmi rendet és a közmorált is jelentősen befolyásolta. A karanténszabályok, kijárási korlátozások és lezárások kritikus szerepet játszanak ebben. Egy jövőbeli bioterrorista támadás célja lehet például a kormányzati intézkedések elleni tiltakozások kiprovokálása, amely nyomás alá helyezheti a döntéshozókat, különösen elhúzódó válságok idején. Ezért véleményünk szerint a BRAT-rendszerbe be kell építeni egy karanténigényre vonatkozó kategóriát is. Javasolt pontozás:

- 0 pont: nincs szükség karanténra
- 1 pont: lokális vagy rövid távú (néhány napos) korlátozás
- 2 pont: regionális vagy több hetes korlátozás
- 3 pont: országos vagy nemzetközi zárlat szükséges

Végezetül, érdemes lenne bevezetni egy össz-zavaró potenciált (*disruptive capability*) értékelő kategóriát, amely az adott kórokozóra vonatkozó, korábbi, valós tapasztalatokon alapul:

- 0: kizárólag elméleti fenyegetés, nincs korábbi tapasztalat
- 1: lokálisan kontrollált járvány, helyi források elegendőek
- 2: országos forrásokat igénylő, jelentős gazdasági/szervezeti következmények
- 3: nemzetközi erőforrásokat is igénylő válság

3.5. Részkövetkeztetések

A SARS-CoV-2 pandémia során, a rendkívüli közegészségügyi nyomás és a személyes–családi tragédiák árnyékában is egyértelművé vált, hogy a halottkezelés speciális aspektusai jelentős szakmai tanulságokat hordoznak. A járványhelyzet sajátosságaiból fakadóan olyan tapasztalatokra tehetünk szert, amelyek a jövőben nem csupán a járványügyi válaszadás hatékonyságát növelhetik, hanem közvetetten emberéletek megóvását is elősegíthetik. E gyakorlati ismeretek különösen fontos szerepet tölthetnek be a kórokozók terjedésének feltérképezésében, a fertőzési láncok azonosításában, valamint a kórbonctani vizsgálatok módszertani finomításában, ezáltal az adott betegség patomechanizmusának feltárásában. A posztmortem mintavételezés során alkalmazott új vagy módosított eljárások, a testek biztonságos kezelése és a megfelelő fertőtlenítési protokollok kidolgozása hosszú távon beépülhetnek a közegészségügyi és katasztrófaorvosi gyakorlatba.

A biológiai eredetű veszélyhelyzetek felszámolására irányuló törekvések – beleértve a munkavégzés biztonságos feltételeinek megteremtését, a megfelelő védőeszközök alkalmazását és az intézményi válaszadási képességek bővítését – olyan átfogó tudásbázis kialakulását tették lehetővé, amely túlmutat a konkrét járvány kontextusán. Ezek az ismeretek jól adaptálhatók lehetnek jövőbeni, akár nem biológiai természetű – például vegyi vagy radionukleáris – fenyegetések esetén is, különösen azon esetekben, ahol az expozíció tényének detektálása, a károsodás patomechanizmusának vizsgálata és az egészségügyi válasz optimalizálása a cél.

Noha a SARS-CoV-2 pandémia lezárult, annak öröksége tovább él velünk: a vírus folyamatos mutációs potenciálja, valamint az újabb variánsok időszakos felbukkanása arra figyelmeztet, hogy a járványügyi éberség fenntartása elengedhetetlen. A kockázat immár nemcsak természetes eredetű, hanem – legalábbis elméleti szinten – mesterséges vagy szándékosan előidézett formában is megjelenhet. Nem zárható ki annak lehetősége, hogy a jövőben valamelyik, akár ismert, akár újonnan kialakuló variánst biológiai fegyverként próbálják felhasználni. Ebben az esetben a korábbi világjárvány alatt szerzett tapasztalatok kritikus jelentőséggel bírhatnak: nem csupán a megelőzés és a detekció szempontjából, hanem a reagálási mechanizmusok újraaktiválása, a fertőzőeset halálesetek feldolgozása, valamint a társadalmi és egészségügyi válasz koordinálása szempontjából is.

A SARS-CoV-2 vírus jövője tehát egyrészt a potenciális biológiai fegyverként való felhasználási szándékon, másrészt azon múlik, hogy a döntéshozók és a szakmai közösség

milyen mértékben hajlandók és képesek a már meglévő, védelmet szolgáló tudásanyagot fenntartani, bővíteni és beépíteni a nemzeti és nemzetközi járványügyi stratégiába. Az elmúlt évek nem csupán veszteségeket és korlátozásokat hoztak, hanem olyan releváns tudáselemeket is, amelyek értő alkalmazása az emberiség kollektív védekezőképességének fontos pillérét képezhetik.

4. A CBRN halottkezelés speciális aspektusai

4.1. A 2023-as bonctermi gyakorlat és védőfelszerelés teszt tanulságai

A 2020-as bonctermi gyakorlat, amellyel a COVID-19 betegség hazai megjelenésére készültünk, csak kisszámú résztvevővel valósulhatott meg, a rendelkezésre álló védőfelszerelések korlátozott mennyiségéből fakadóan. A Kooperatív Doktori Program Nemzetvédelmi Alprogramjának finanszírozásában azonban 2023-ban lehetőség nyílt többfajta PPE beszerzésére és tesztelésére. Ezen második, lényegesen nagyobb kísérlet alkalmával nem csupán a boncolási végrehajthatóság volt vizsgálati szempont, hanem a DVI szemléletű áldozatazonosítás post mortem lépéseit, valamint a felszerelések egyes fiziológiai paraméterekre gyakorolt hatását és a végrehajtó állomány körében alkotott szubjektív benyomásokat is vizsgáltuk. Az alábbi alfejezetekben a gyakorlat felépítését, eredményeit, tanulságait mutatom be.

4.1.1. A 2023-as bonctermi gyakorlat felépítése

A gyakorlat valóság-hűségének biztosítása érdekében etikai engedélyt szereztünk (Regionális Kutatásetikai Bizottság, jóváhagyás dátuma: 2022. 08. 19.), majd a kísérleteket az Észak-Pesti Centrumkórház – Honvédkórház Patológiai Osztályán végeztük, valós holttesteken, teljes körű boncolások és DVI post mortem eljárások keretében. A képzés során szigorú adatvédelmi intézkedések voltak érvényben: az elhunytak azonosítására szolgáló címkéket letakartuk, a kép- és egyéb dokumentációkat pedig kizárólag illetékes személyekkel osztottuk meg.

A gyakorlat lebonyolításához négy személyi védőfelszerelés (PPE) készletet állítottunk össze, a Magyar Honvédség kötelékébe tartozó Mobil Biológiai Laboratórium szakértőinek elméleti támogatásával. Kizárólag új, eredeti csomagolású védőfelszereléseket használtunk, amelyek az 12 sz. táblázatban kerülnek összefoglalásra.

	93M szett	Teljesálarc+ szűrőbetét szett	Teljesálarc+ levegőrásegítő szett	Kámzsa+ levegőrásegítő szett
Légzésvédő	93M teljesálarc	Dräger X- PLORE 6300	CleanAir Shigematsu CF02 teljesálarc és CleanAir Chemical 2F PAPR	CleanAir CA-10 vegyszerálló kámzsa és CleanAir Chemical 2F PAPR
Overál	93M zubzony+nadrág	Tychem 6000 F	Weejet vegyszerálló védőoverál	Weejet vegyszerálló védőoverál
Kesztyű	SHOWA 874 vegyszerálló butil kesztyű	SHOWA 8005PF vegyszerálló nitril kesztyű	SHOWA ChemRest CS711 vegyszerálló nitrilkesztyű	DERMAGRIP magas kockázatú latex vizsgálókesztyű
Lábvédő	93M lábvédő	Tyvek csizmavédő, magasszárú (45cm), vegyszerálló	Tyvek csizmavédő, magasszárú (45cm), vegyszerálló	Tyvek csizmavédő, magasszárú (45cm), vegyszerálló

13. sz. táblázat: A tesztelt PPE készletek elemei (saját szerkesztésű táblázat)

A gyakorlat két szakaszra oszlott az időgazdálkodás és a szervezés optimalizálása érdekében. Az első szakaszban két, egyenként háromfős csapat hajtotta végre az alábbi vizsgálati algoritmust:

1. A bezsákolt holttest kivétele a tetemhűtőből és elhelyezése a boncasztalon;
2. Rutinszerű külvizsgálat;

3. Belső szervek eltávolítása;
4. Belső szervek vizsgálata és felvágása;
5. A test rekonstruálása, bezsákolása, visszahelyezése a hűtőkamrába.

A csapatok két patológus rezidensből (egy „tisztá” és egy „szennyezett” tag) és egy boncmesterből álltak, valamennyien az ÉPC-HK Patológiai és Kórszövettani Diagnosztikai Osztályának munkatársai. Fontos megjegyezni, hogy Magyarországon normál körülmények között a test mozgatása, a belső szervek eltávolítása, valamint a boncolás utáni testhelyreállítás a boncmester feladata. Az első szakasz során mindkét csapat nyolc teljes boncolást végzett el, mindegyik PPE készlet kipróbálásra került, lehetőséget biztosítva a rezidenseknek arra is, hogy mindkét szerepkörben (tisztá és szennyezett) kipróbálják az egyes védőfelszereléseket.

A második szakaszhoz 22 önkéntest toboroztunk a DVI Team Hungary tagjai közül, valamint két, harctéri helyszínelési tapasztalattal rendelkező résztvevő csatlakozott a Magyar Honvédség Altiszti Akadémiájáról. A DVI Team Hungary tagjai között 16 rendőr szerepelt, főként bűnügyi helyszínelői háttérrel, illetve 6 igazságügyi fogorvos, akik az azonosítási folyamatban releváns odontológiai tapasztalattal rendelkeztek. A második szakasz során a résztvevőket nyolc, egyenként háromfős csoportra osztottuk:

- 2 csoport ruházat és személyes tárgyak regisztrálásáért;
- 2 csoport a holttestek részletes külvizsgálataért;
- 2 csoport ujjlenyomatvételeért és szájnyálkahártyából történő DNS-mintavételért;
- 2 csoport igazságügyi fogászati vizsgálatokért felelt.

A boncteremben négy asztalt készítettünk elő munkaállomásként, mindegyiken eltérő holttesttel. A testekhez szimulációs célt szolgáló, érvénytelen személyes tárgyakat (pl. nyomtatott játékpénz, személyi igazolvány) és ruházatot biztosítottunk. Minden csapat minden holttesten elvégezte saját feladatát, és minden védőfelszerelés-készletet kipróbált, lehetővé téve az eredmények közvetlen összehasonlítását, a dokumentáció minőségének értékelése céljából. Az adatokat az Interpol DVI post mortem formanyomtatványok segítségével rögzítettük.

A különböző PPE készletek objektív és szubjektív jellemzőinek értékelése érdekében fiziológiai paramétereket monitoroztunk, valamint kérdőíves felmérést is készítettünk. A résztvevők pulzusszámát és oxigénszaturációját pulzoximéterrel (Infra Medical Pulse Oximeter) mértük közvetlenül a védőfelszerelés felvétele után, valamint a kijelölt feladat

elvégzését követően, egy kesztyű eltávolítása után, de a többi védőeszközt még viselve. A pulzusszám átlagát és maximumát okosórákkal (Garmin Vivoactive HR) is mértük a gyakorlat során. A folyadékvesztés meghatározásához digitális mérleget (Omron BF-511) használtunk, 0,1 kg mérési pontossággal. A testtömeg dokumentálása során a résztvevők az alsóneműt azonos ruhadarabra cserélték, mivel a teljesen meztelen mérlegelés technikai okokból nem volt megvalósítható. A résztvevők szubjektív tapasztalataikat a PPE készletekkel kapcsolatban kérdőívben oszthatták meg. A befolyásolás minimalizálása érdekében a gyakorlat előtt csak kevés, alapvető információt osztottunk meg a védőfelszerelések képességeiről, előnyeiről és hátrányairól. A kérdőív konkrét kérdéseket tartalmazott az egyes PPE készletekre vonatkozóan, többnyire 1–5-ös Likert-skálán értékelve, de lehetőséget adott rangsorolásra is a kényelem, biztonságérzet és munkahatékonyság szempontjából.

A gyakorlat teljes időtartama alatt a Magyar Honvédség Mobil Biológiai Laboratóriumának külső megfigyelőként funkcionáló tagjai voltak beosztva minden csapathoz. Ők technikai támogatást nyújtottak a védőfelszerelésekhez, segítettek a fel- és levételben, rögzítették az egyes műveletek időtartamát, valamint dokumentálták a fent említett fiziológiai paramétereket. Fontos megjegyezni, hogy a gyakorlat során semmilyen súlyos nemkívánatos esemény vagy védőfelszerelés-intolerancia nem fordult elő, és minden résztvevő sikeresen befejezte a tréninget.

4.1.2. A 2023-as bonctermi gyakorlat eredményei, tanulságai

A gyakorlat mindkét fázisa sikerrel zárult. A legfontosabb igazolt eredmény, hogy az összes post mortem műveletet, amely magában foglalja a teljes belszervi boncolást, valamint a DVI algoritmus szerinti post mortem vizsgálati eljárásokat, amelyek a formanyomtatvány kitöltéséhez szükségesek, végrehajtható a kísérletsorozatban tesztelt egyéni védőfelszerelések alkalmazása mellett.

Igazoltuk továbbá, hogy a DVI post mortem fázisa 4 különálló, időmenedzsment szempontjából könnyebben kezelhető és tervezhető részfázisra bontható. Ezek, amennyiben a vizsgálati körülményekhez hasonló módon, több munkaállomás áll rendelkezésre, párhuzamosan végezhetők. A dokumentációs minőségről elmondható, hogy a kézírás olvashatósága kiemelt jelentőségű, különösen annak tükrében, hogy a papír alapú nyomtatványok nem mentesíthetők, ezáltal az eredeti példány a vizsgálati helyiséget fizikai

formájában nem hagyhatja el, mindenképpen digitalizálni szükséges a műveletek befejezését követően. Habár ezen kísérletsorozatban a végrehajtó állomány a 2020-as gyakorlathoz hasonló kép- és hangrögzítő eszközöket nem használt, a többszintű információkinyerés és -mentés érdekében ez éles helyzetben mindenképpen megfontolandó volna.

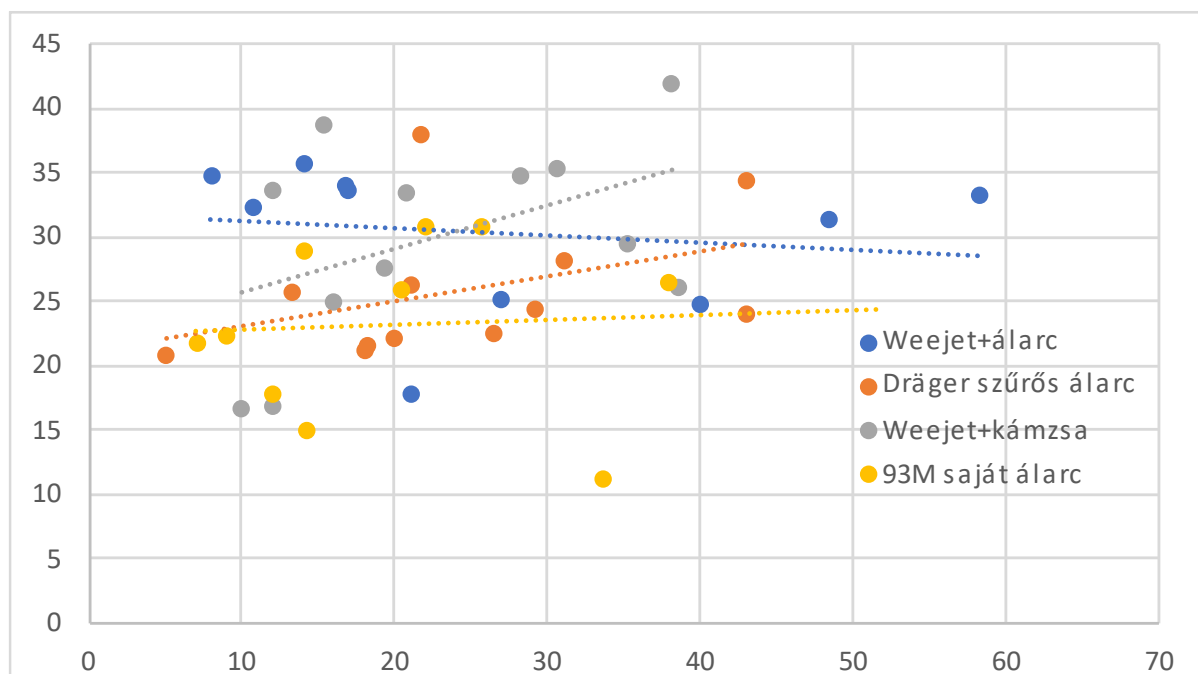
Tevékenység megnevezése	ÁTLAG (perc)	MEDIÁN (perc)	MIN (Perc)	MAX (Perc)	SZÓRÁS
Felhelyezés	3,25	3,00	2,00	7,00	1,61
Külleírás	2,50	2,00	2,00	4,00	0,73
Szervkivétel	8,69	8,00	6,00	13,00	2,36
Szervfelvágás	17,19	18,50	10,00	24,00	3,76
Helyreállítás és visszahelyezés	9,94	9,50	4,00	22,00	4,17
Vetkőztetés	13,50	14,00	5,00	22,00	5,71
DVI külvizsgálat	18,13	16,50	11,00	29,00	5,67
Mintavétel	24,25	23,50	14,00	40,00	7,81
Fogászat	14,50	13,00	7,00	21,00	5,53

14. sz. táblázat: Post mortem munkafolyamatok átlagos időigénye, az időeredmények mediánja, minimális és maximális értéke, valamint szórása, percekben kifejezve (minden másodperc jelölést tartalmazó alapadatot felfele kerekítettük percre; saját szerkesztésű táblázat)

Az időeredmények interpretálásához megjegyzendő, hogy valós CBRN környezetben végzendő műveletek tervezéséhez célszerű a maximális értékekből kiindulni. A gyakorlat során a végrehajtó állomány dekontaminálására nem került sor szervezési okokból fakadóan, amellyel azonban szintén kalkulálni kell éles szituációkban.

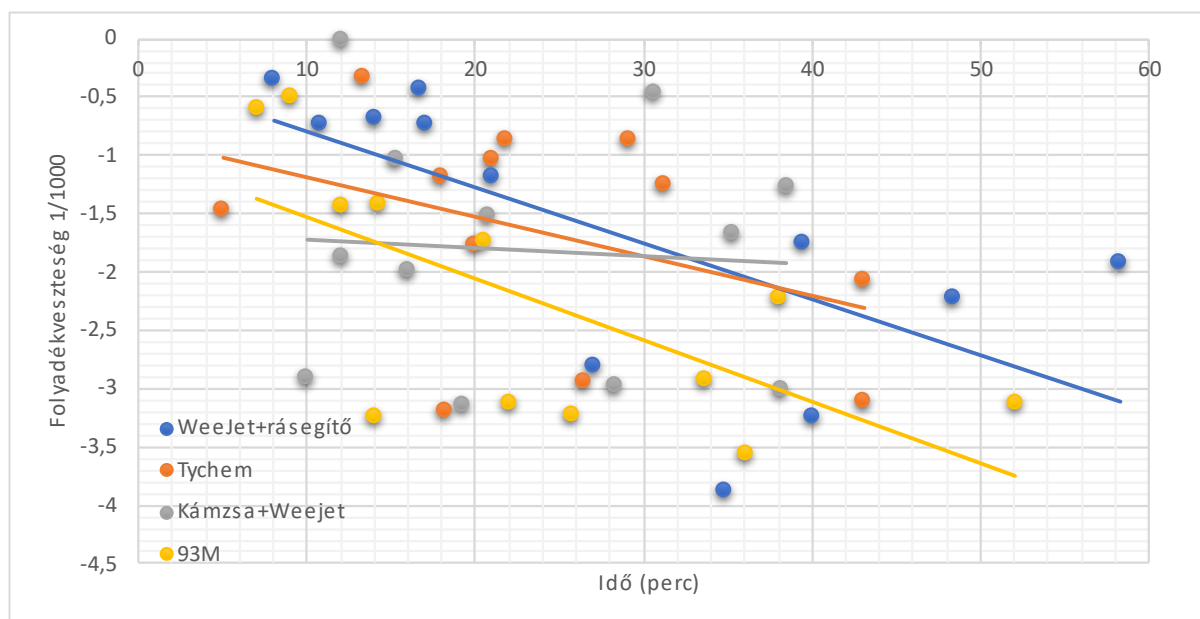
Az objektív metodikával monitorizált fiziológiai paraméterek vonatkozásában megállapítható, hogy egyik légzésvédő eszköz mellett sem következett be szignifikáns oxigén szaturáció csökkenés; ebben a paraméterben tehát nem adódott különbség a felszerelések között.

A pulzusértékek kapcsán annyira nagy variancia mutatkozott az egyes, kis elemszámú csoportok között, hogy torzításcsökkentő eljárásokkal sem lehetett statisztikai próbát elvégezni. Ennek hátterében elsősorban az alacsony elemszám azonosítható. Ennek tükrében inkább tájékoztató jelleggel az alábbi ábra tüntethető fel:



14. sz. ábra: Az átlagos és maximális pulzusszám különbsége az idő függvényében. (Az Y tengelyen a Δ pulzus, az X tengelyen az idő percekben került feltüntetésre. Az ábrát készítette Dr. Szabó Gergő, felhasználva a szerző engedélyével)

A folyadékvesztés adataiban egyértelműbb különbségek mutatkoztak. Ezek alapján a 93M mintájú felszerelés szett bizonyult a leginkább folyadékvesztő összeállításnak, amely, megfontolva, hogy a boncteremben a kísérlet alatt biztosított hőmérséklethez (19-20 Celsius fok) képest relatíve meleg a szubjektív visszajelzések alapján is, kevésbé meglepő. Valamivel több magyarázatra szorul a motoros levegőrásegítővel alkalmazott kámzsa és teljesálarc kapcsán a folyadékvesztés jelzetten magasabb trendje, azonban feltételezhetjük, hogy a levegőrásegítő által biztosított befűvés legalább részben felelős lehet az érintett bőrfelületek és nyálkahártyák szárító hatásaért; ebből fakadóan a kényelmi és magasabb védelmi szempontok mellett ilyen jellegű hátránnyal járhat a PAPR rendszerek alkalmazása.



15. sz. ábra: A folyadékvesztés a testtömeg ezrelékében kifejezve az idő függvényében. (Az Y tengelyen a testtömeg ezrelékek értékei, veszteség miatt negatív előjellel, az X tengelyen az idő percekben került feltüntetésre. Az ábrát készítette Dr. Szabó Gergő, felhasználva a szerző engedélyével)

A kérdőívekről megjegyzendő, hogy a 30 résztvevőből csak 29-et tudtunk kiértékelni, mivel 1 fő nem küldte vissza a példányát. A kitöltők 55%-a jelezte, hogy a védőfelszerelések használatában van valamely előzetes tapasztalata (pl. kiképzést kapott rá, vett már részt gyakorlaton, ahol használni kellett ilyet).

	93M szett	Teljesálarc+ szűrőbetét szett	Teljesálarc+ levegőrásegítő szett	Kámzsa+ levegőrásegítő szett
Kényelemérzet	3,276	2,793	3,828	4,552
Biztonságérzet	3,965	4,00	4,483	4,483
Hatékony munkavégzés	3,621	3,517	4,172	4,758
Koncentrációs képesség	3,621	3,241	4,069	4,587

Látótér beszűkülés	3,143	2,931	2,345	1,586
-----------------------	-------	-------	-------	-------

15. sz. táblázat: A kérdőíves visszajelzés Likert-skálán adott átlagos értékelései. (Az első négy sorban a magasabb érték, míg az ötödik sorban az alacsonyabb érték a kedvezőbb; saját szerkesztésű táblázat)

Kényelem rangsora	93M szett	Teljesálarc+ szűrőbetét szett	Teljesálarc+ levegőrásegítő szett	Kámzsa+ levegőrásegítő szett
Első helyezés	1	1	5	22
Második helyezés	7	3	13	6
Harmadik helyezés	11	7	10	1
Negyedik helyezés	10	18	1	0

16. sz. táblázat: A védőfelszerelés szettek rangsora kényelem szempontjából. (A helyezéseknél feltüntetett számok darabszámmra vonatkoznak, azaz ennyien jelölték az adott helyezésre a szettet; saját szerkesztésű táblázat)

Biztonság rangsora	93M szett	Teljesálarc+ szűrőbetét szett	Teljesálarc+ levegőrásegítő szett	Kámzsa+ levegőrásegítő szett
Első helyezés	6	4	6	12

Második helyezés	4	6	12	6
Harmadik helyezés	3	10	8	7
Negyedik helyezés	15	8	2	3

17. sz. táblázat: A védőfelszerelés szettek rangsora biztonság szempontjából. (A helyezéseknél feltüntetett számok darabszámra vonatkoznak, azaz ennyien jelölték az adott helyezésre a szettet. A válaszadók közül 1 fő azt jelezte vissza, hogy egyik szettet sem érezte biztonságosnak. Saját szerkesztésű táblázat)

Hatékony munkavégzés rangsora	93M szett	Teljesálarc+ szűrőbetét szett	Teljesálarc+ levegőrásegítő szett	Kámzsa+ levegőrásegítő szett
Első helyezés	2	1	5	21
Második helyezés	3	7	14	5
Harmadik helyezés	12	8	6	3
Negyedik helyezés	12	13	4	0

18. sz. táblázat: A védőfelszerelés szettek rangsora hatékony munkavégzés szempontjából. (A helyezéseknél feltüntetett számok darabszámra vonatkoznak, azaz ennyien jelölték az adott helyezésre a szettet; saját szerkesztésű táblázat)

A fenti visszajelzéseket összegezve elmondható, hogy a kámzsa levegőrásegítővel kombinált formáját magába foglaló felszerelés szett bizonyult a leginkább preferáltnak; ez mind

a Likert-skálás értékelések, mind a rangsorolások kapcsán megerősítésre került. A legkevésbé népszerű összeállítás a Tychem overált tartalmazó kombináció lett: az egyes eszközökre vonatkozó reakciók alapján ez a védőruha kényelmetlennek, hangosan zörgőnek bizonyult, ami nagyban nehezítette a csapattagok közötti kommunikációt, zavarta a koncentrációt. Kissé meglepő, hogy a 93M védőfelszerelés szett a kipróbálók szemében kevésbé tűnt biztonságosnak, holott a tesztelt eszközök közül ez az egyetlen, ami definitív, harcanyagnak minősülő CBRN ágensek ellen is védelmet biztosít.



16. sz. ábra: Ruházat dokumentációja 93M védőfelszerelésben



17. sz. ábra: Ujjnyomat levételéhez előkészület teljesálcot és PAPR-t tartalmazó szettben

4.2. Dekontaminálás lehetőségei CBRN holttestkezelés kapcsán

CBRN eseményekben a veszélyes ágens neutralizálása, megsemmisítése (vegyszeri és biológiai) illetve fizikai értelemben megvalósuló eltávolítása (radionukleáris) esszenciális lépés a biztonságos munkakörülmények megteremtéséhez, illetve a műveletek befejezését követően a végrehajtó állomány védelmének biztosítása érdekében. A dekontamináció többféle módszert alkalmazva (pl. folyadékos lemosás, száraz eljárások), aktív és passzív formában, illetve többféle szinten („azonnali ön- és kölcsönös mentesítés; műveleti vagy részleges mentesítés; teljes mentesítés”) valósulhat meg²⁴⁶. A következő alfejezetekben a SARS-CoV-2 pandémia kapcsán kidolgozott elhunyt mentesítési algoritmust ismertetem, valamint bemutatom a nedves alapú mentesítési módszerek kísérletes úton vizsgált hatását az ujjlenyomatokra, amely az áldozatazonosítás primer metodikája lévén jelentős DVI műveletekben.

4.2.1. Mentesítési algoritmus javaslat holttestkezelés kapcsán

Az itt ismertetett algoritmus biológiai veszélyre lett kidolgozva, azonban alkalmazható egyéb CBRN veszélyek esetében is, a mentesítőszer megfelelő megválasztásával.

A dekontaminációs eljárás kizárólag a halottvizsgálat lezárultát követően kezdhető meg. A személyi védőfelszerelést viselő személyzet – amely legalább két főből áll – a betegszobába előzetesen előkészített, folyékony halmazállapotú fertőtlenítőszerrel, két darab steril, egyszer használatos szivaccsal vagy mosdatókesztyűvel, veszélyes hulladék gyűjtésére alkalmas zárható műanyag gyűjtőedénnyel, permetezőfejes fertőtlenítőszer-adagolóval, valamint előre kitöltött lábcédulákkal érkezik. Amennyiben szükséges, a személyzetnek a post mortem helyszíni mintavételhez szükséges eszközöket is magával kell vinnie, külön fertőtleníthető és zárható tárolóedényben.

²⁴⁶ Szabó 2017



18. sz. ábra: A tetem dekontaminálásának lépései²⁴⁷ (saját szerkesztésű ábra)

A. Az első lépés a tetem ruházatának eltávolítása, valamint minden olyan eszköz (pl. endotrachealis tubus, fixateur externe), amely a tetemzsák integritását a csomagolás, szállítás vagy tárolás során veszélyeztetheti. A visszamaradó, sterilizálásra alkalmatlan eszközöket a veszélyes hulladékot gyűjtő edényben kell elhelyezni. Ezt követően a halottszállító kocsit a betegség mellé kell tolni, és annak felületére az első tetemzsákot ki kell teríteni. Gyanús esetben ezt megelőzően el kell végezni a tervezett post mortem mintavételeket.

B. A tetem dekontaminációját a fertőtlenítőszerrel átitatott, egyszer használatos szivaccsal vagy mosdatókesztyűvel kell megkezdni.

C. A fertőtlenítés sorrendje a kevésbé expozíciónak kitett testtájak (alsó végtagok, ágyék, has) felől a potenciálisan kontamináltabb régiók (felső végtagok vállaktól az ujjakig, hajás fejbőr, arc) felé haladjon.

D. Ezután a tetemet óvatosan át kell helyezni a halottszállító kocsira úgy, hogy a már megtisztított felszínek kerüljenek érintkezésbe a tetemzsákkal (az eredetileg háton fekvő holttestet hasra kell fordítani, az elv szerint: „tiszt a tisztával érintkezzen”).

E. Az ezidáig nem fertőtlenített háti testfelszíneket új, egyszer használatos eszközzel kell megtisztítani.

²⁴⁷ Farkas et al. 2020

F. Ezzel párhuzamosan a betegágyról el kell távolítani a kontaminált ágyneműt és matracot, majd a fém ágykeretet fertőtleníteni kell a permetezőfejes adagoló segítségével. A fertőtlenítést követően a második tetemzsákot az ágyra kell helyezni.

G. A tetem ezt követően visszafordítható, és az ágyra helyezett második zsákba fektethető. Az elhunyt azonosítása céljából két lábcédula felhelyezése szükséges: egy a felső, egy pedig az alsó végtagra. A zsákot a fejrésznél kell lezárni.

H. Az utolsó lépésben a tetemet a halottszállító kocsira kell helyezni, a második tetemzsákot a lábresznél is le kell zárni, majd a külső zsák teljes felületét dekontaminálni kell a permetezőfertőtlenítő alkalmazásával. Ugyanezt a műveletet el kell végezni a veszélyes hulladékot tartalmazó edény külső felszínén is, valamint az adott veszélyes ágensre figyelmet felhívó, jól látható megjelöléssel kell azt ellátni. A fertőtlenítőszer behatási idejének kivárása után a harmadik lábcédulát is rögzíteni kell: amennyiben rendelkezésre áll, az erre kialakított dokumentumzsebben, annak hiányában pedig a zsák cipzárján.

4.2.2. Folyadékalapú mentesítés hatása az ujjnyomatokra

Annak érdekében, hogy a folyadékalapú mentesítési eljárások ujjnyomatokra, emberi bőrre gyakorolt hatását feltárjuk, kísérletsorozatot terveztem és szerveztem. Ennek keretében többféle, korábban bizonyítottan hatékony mentesítőszert teszteltünk, *in vitro* humán bőrrészleteken. Az alábbi alfejezetekben ezen kísérlet felépítését, eredményeit mutatom be.

4.2.2.1. A kísérletben felhasznált minták

Magyarországon a hatályos jogszabályok szerint minden olyan emberi szövetet vagy szervet, amelyet műtét során eltávolítanak (kivéve a transzplantációs célt szolgáló szöveteket, illetve a fog, az üvegtest, a köröm és komplikációmentes szülés esetén a placenta eltávolítását), kötelező szövettani vizsgálatra küldeni²⁴⁸. Ez azt jelenti, hogy az amputált végtagok is szövettani értékelésen esnek át, függetlenül az amputáció eredeti indikációjától. Az etikai engedély megszerzését követően (Regionális Kutásetikai Bizottság, jóváhagyás dátuma:

²⁴⁸ 1997. évi CLIV. törvény az egészségügyről; 18/1998. (XII. 27.) EüM rendelet az egészségügyről szóló 1997. évi CLIV. törvénynek a szerv- és szövetátültetésre, valamint -tárolásra és egyes kórszövettani vizsgálatokra vonatkozó rendelkezései végrehajtásáról

2022. augusztus 19.) szelektív mintagyűjtést végeztünk kórházunkban a műtéti úton eltávolított alsó és felső végtagokból. Bevonási kritériumok a következők voltak:

1. A páciens aláírta a műtéthez kapcsolódó írásos beleegyező nyilatkozatot, és nem emelt kifogást a biológiai mintamaradványok tudományos célú vizsgálata ellen.
2. A végtagnak legalább három ujjat kellett tartalmaznia, lehetőleg az első három ujjat.
3. Az ujjak tenyéri vagy talpi bőrfelszínének épnek kellett lennie.

A Patológiai és Kórszövettani Diagnosztikai Osztályra érkező végtagokon elvégeztük a jogszabályi kötelezettségből fakadóan szükséges szövettani vizsgálatokat, majd ellenőriztük, hogy megfelelnek-e a bevonási kritériumoknak. Amennyiben igen, a mintákat anonimizáltuk, majd 4 °C-on tároltuk az ujjlenyomat-vételig és a dekontaminálásig. Összesen 22 speciment vizsgáltunk: 2 felső és 20 alsó végtagot. A vonatkozó, releváns alapadatok a 19. sz. táblázatban találhatók.

Specimen sorszám	Amputáció oka	Az amputáció és a mintavétel között eltelt idő	Ujjlenyomatok levéve Fingerprints taken	Mentesített ujjak, alkalmazott mentesítő szer	Kontroll ujjak	Szövettani vizsgálat
L1	Gangréna, cukorbetegség	15 nap	I-III.	I-II., Incidin 5% oldat	III.	II-III.
L2	Gangréna, cukorbetegség	10 nap	I-III.	I-II., Incidin 5% oldat	III.	II-III.
L3	Fizikai trauma	6 nap	I-III.	I-II., Bradolin, higítatlan	III.	II-III.
L4	Fizikai trauma	8 nap	I-III.	I-II., Bradolin, higítatlan	III.	II-III.
L5	Érelmeszesedés, fizikai trauma	6 nap	I-III.	I-II., Hypo 1% oldat	III.	II-III.
L6	Érelmeszesedés	5 nap	I-III.	I-II., Hypo 1% oldat	III.	II-III.

L7	Szeptikémia, protézis fertőzés	13 nap	I-III.	I-II., Hypo <5% oldat	III.	II-III.
L8	Gangréna, cukorbetegség	8 nap	I-III.	I-II., Hypo <5% oldat	III.	II-III.
L9	Gangréna, érelmeszesedés	5 nap	I-III.	I-II., Neomagnol 10% oldat	III.	II-III.
L10	Gangréna, érelmeszesedés	14 nap	I-III.	I-II., Neomagnol 10% oldat	III.	II-III.
L11	Szeptikémia, protézis fertőzés	1 nap	I-III.	I-II., Hypo 10% oldat	III.	II-III.
L12	Érelmeszesedés	2 nap	I-III.	I-II., Hypo 10% oldat	III.	II-III.
L13	Malignus tumor	7 nap	I-III.	I-II., Hypo 10% oldat	III.	II-III.
L14	Gangréna, cukorbetegség	6 nap	I-III.	I-II., Hypo 10% oldat	III.	II-III.
L15	Érelmeszesedés	2 nap	I-III.	I-II., Hypo 10% oldat	III.	II-III.
L16	Érelmeszesedés	4 nap	I-III.	I-II., Hypo 1% oldat, elnyújtott kiértékelés	III.	II-III.
L17	Gangréna, cukorbetegség	3 nap	I-II., IV.	I-II., Hypo 1% oldat, elnyújtott kiértékelés	IV.	II., IV.
L18	Szeptikémia, izületi fertőzés	7 nap	I-III.	I-II., Hypo 1% oldat, elnyújtott kiértékelés	III.	II-III.
L19	Érelmeszesedés	14 nap	I-III.	I-II., Solumium, hígítatlan	III.	II-III.
L20	Gangréna, érelmeszesedés	5 nap	I-III.	I-II., Solumium, hígítatlan	III.	II-III.
U1	Fizikai trauma	5 nap	I-V.	II-IV., Hypo 1% oldat	I., V.	I-V.

U2	Fizikai trauma	6 nap	II-V.	III-IV., Hypo 10% oldat	II., V.	II-IV.
----	----------------	-------	-------	----------------------------	---------	--------

19. sz. táblázat: A vizsgált specimenek jellemzői, illetve a felhasznált mentesítő szerek. (Az „L” „U” jelölések sorrendben az alsó [*lower*] és felső [*upper*] végtagokra vonatkoznak; a római számmal megjelölt ujjak sorrendje a következő: I: hüvelykujj, II: mutatóujj, III: középső ujj, IV: gyűrűsujj, V: kisujj; lábujjak esetében a jelölt sorrendiség logikája ugyanez. Saját szerkesztésű táblázat)

4.2.2.2. Dekontaminálószer kiválasztása

A tudományos szakirodalomban széleskörű ajánlások érhetők el arra vonatkozóan, hogy CBRN vagy veszélyes anyag (HazMat) helyzetekben milyen dekontaminálószer alkalmazása javasolt. A mentesítőanyagok kiválasztásakor az alábbi szempontokat vettük figyelembe:

1. Kereskedelmi forgalomban elérhető, lehetőleg nagy mennyiségben kapható legyen.
2. Igazolt hatékonyságú legyen (pl. antimikrobiális vagy kémiai ágensek semlegesítésére alkalmas).
3. Eredeti felhasználási cél nem kizáró tényező (pl. ha felület mentesítésre alkalmas a szer, de bőrön nem ajánlott használata, akkor is tesztelhető).

A releváns irodalom áttekintését és a Magyar Honvédség Mobil Biológiai Laboratóriumának CBRN szakértőivel való konzultációt követően a 20. sz. táblázatban szereplő anyagokat választottuk.

Kereskedelmi név	Aktív hatóanyag	Felhasznált koncentráció	Alkalmazott behatási idő	Hatásspektrum
Incidin Extra N	Benzalkoniumchloride, Glucoprotamin	5%	15 perc	Bactericid, Fungicid, Virucid, Tuberculocid
Bradolin	Ethanol (96%) 72,9%, alkyldimethylbenzylammonium chloride 0,2%, Glutaraldehyde 0,01%	Undiluted	15 perc	Bactericid, Fungicid, Virucid, Tuberculocid

Neomagnol	Chloramine B	10%	30 perc	Bactericid, Dekont vs. kénmustár, VX
Solumium	Chlorine dioxide 0,03%	hígítatlan	30 perc	Bactericid, Fungicid, Virucid, Tuberculocid, B. anthracis spóraölő hatás
Háztartási hypo por	Sodium dichloroisocyanurate dihydrate	10% (por formából előállítva)	30 perc	Bactericid, Fungicid, Virucid, Tuberculocid, B.
Háztartási hypo (folyékony alap)	Sodium hypochlorite, sodium hydroxide	1%; <5% (utóbbi hígítatlan, eredeti oldat)	30 perc	anthracis spóraölő hatás, Dekont vs. legtöbb vegyifegyver ágens

20. sz. táblázat: A kiválasztott mentesítőszer tulajdonságai. (Az Incidin Extra N [<https://en-pl.ecolab.com/offerings/aldehyde-free-concentrated-cleaners-and-disinfectants/incidin-extra-n>] és Bradolin [<https://www.bradochem.hu/termek/bradolin-alkoholos-feluletfertotlenito-szer-500ml-spray-500ml-aeroszol-1l-5l/>] hatásspektrumára vonatkozó információk a gyártó adatai. A további felsorolt mentesítőszerre vonatkozó információk korábbi publikációk eredményeiből származnak²⁴⁹. Saját szerkesztésű táblázat)

Eredeti, bontatlan csomagolású dekontaminálószeret használtuk, lejáratí idejüket ellenőriztük. A hígításhoz az autopsziás helyiségben elérhető vezetékes vizet alkalmaztuk. A helyiség hőmérséklete 19–21 °C között mozgott.

4.2.2.3. Ujjlenyomat vételezési technikák

²⁴⁹ Fatah et al. 2001.; Stratilo – Crichton – Sawyer 2015; Heling et al. 2001; Jefri et al. 2022; Heninger et al. 2009; Hatanaka et al. 2021; Mekonnen et al. 2015

A papilláris redők mintázatának elemzése megbízható módszer személyazonosításra²⁵⁰. A láb és a lábujjak tenyéri felszíne ugyanazokat a redőmintázati tulajdonságokat mutatják, mint a kéz és az ujjak tenyéri felszíne²⁵¹, ezért a talplenyomat és a lábujjlenyomat is alkalmas összehasonlításra és személyazonosításra.

Két módszert alkalmaztunk az ujjlenyomatok rögzítésére: az ún. „porozás–lenyomatemelés” módszert, valamint a közvetlen, optikai alapú szkennelést. Az előbbi módszer során a bőrfelületet hagyományos ujjlenyomatporral fedtük be, majd latent print lifter segítségével emeltük le a lenyomatokat. Sirchie cég „Dual Purpose Black Hi-Fi” nevű porát használtuk (cikkszám: DP001). A por felvitele a cég „Sirch Regular Powder Brush” nevű, teve szőrből készült ecsetjével történt (cikkszám: 118L). A lenyomatokat Sirchie „Fingerprint Lifting Tape” ragasztószalagjával (szélesség: 1,5 hüvelyk) emeltük le, a háttérként szabványos 80 g/m² súlyú nyomtatópapírt használtunk. Az így nyert lenyomatokat Nikon D610 DSLR kamerával és Nikkor 60 mm Macro objektívvel fényképeztük le.

A szkenneléshez az ARH Inc. (Adaptive Recognition Hungary) AFS 510 típusú ujjlenyomat-szkennerét használtuk (500 ppi optikai felbontás, adatlap: lásd hivatkozás). A szkennert laptop-hoz csatlakoztattuk, és az élő szkennelés során rögzített képeket elmentettük. Ezt az eszközt és módszert korábbi előkutatások során is alkalmazták, amelyek eredményeiről a szerzők 2018-ban az Interpol Disaster Victim Identification munkacsoport találkozáján számoltak be, később magyar nyelven publikálták is ezeket²⁵².

4.2.2.4. Kísérleti algoritmus

A kísérlet első lépéseként az ujjak leválasztása történt, a minták könnyebb kezelhetősége céljából. Az eljárás az autopsziás helyiségben, sebészeti eszközökkel történt, a metatarzofalangeális és metakarpofalangeális ízületeknél. Az alsó végtagok esetén az I–III. vagy az I., II. és IV. lábujjak kerültek eltávolításra, míg a felső végtagoknál az összes elérhető ujjat (I–V.) vizsgáltuk. Az ujjlenyomatokat mindkét, az előző alfejezetben ismertetett módszerrel rögzítettük; ezt követően az ujjakat 15 vagy 30 percre 50 ml frissen elkészített dekontaminálószerbe merítettük, műanyag laboratóriumi edényekben.

²⁵⁰ Daluz 2015

²⁵¹ Champod et al. 2016

²⁵² Petrétai 2018; Angyal – Petrétai 2019

Dekontaminálás után a mintákat papírtörölővel szárazra töröltük, majd újra rögzítettük az ujjlenyomatokat. Az L16–L18 esetekben a második ujjlenyomat-vétel csak 44 órával később történt, hogy a késleltetett károsító hatásokat is értékelni lehessen. A mintákat ez idő alatt 4 °C-on tároltuk a bomlási folyamatok elkerülése érdekében. A szövetkárosodás megítélésére két szövettani mintát is vettünk minden kiválasztott dekontaminált és kontroll ujjról.

4.2.2.5. Ujjlenyomatok és szövettani minták független elemzése

Ebben a vizsgálatban a roncsoló hatás bármely olyan jelenséget magába foglal, amely befolyásolja a papilláris mintázat élességét, láthatóságát, vagy a redők és háttér közötti kontrasztot, illetve a minutiae megfigyelhetőségét. A torzításmentes értékelés érdekében két független összehasonlító elemzés történt. A nagylábujjak lenyomatait randomizáltuk és összekevertük, majd az így keletkezett képeket eljuttattuk a Magyar Igazságügyi Szakértői Intézet Ujjlenyomat Szakosztályának felkért szakértőjéhez. A független szakértő, a kísérlet részleteinek ismerete nélkül, hasonlóságokat keresett, megjelölte az esetleges manipulációkat, és minőségi megállapításokat tett.

Az ujjlenyomatok értékeléséhez egy 4 fokozatú skálát használtunk, amely korábban publikált abszolút skálák adaptációja²⁵³:

- i – elégtelen: a mintázat nem látható, vagy túl kevés a minutiae
- w – gyenge: a mintázat látható, legalább 10 minutiae van, de például nem elég éles
- g – jó: éles redők, sokkal több mint 10 minutiae
- p – tökéletes: éles redők és III. szintű részletek is láthatók

A szövettani mintákat bőrpatólógiai szakértő értékelte, aki az ujjnyomat szakértőhöz hasonlóan a minták dekontamináltsági státuszát nem ismerte. A tárgylemezek címkéjéről eltávolítottuk a mentesítési jelölést, így vak elemzés történt. A szakértő azt jelezte, ha bármelyik mintánál strukturális károsodás volt megfigyelhető az epidermis-dermis vonatkozásában.

4.2.2.6. A kísérletsorozat eredményei

A vizsgált nyolc dekontaminációs eljárás egyike sem akadályozta meg az azonosításra alkalmas ujjnyomatok rögzítését. Ugyanakkor szignifikáns különbség volt megfigyelhető a

²⁵³ International Fingerprint Research Group 2014

szkenneléssel rögzített képek és a porozásos módszerrel nyert lenyomatok között. Az összesen 114 minta közül 55 esetben bizonyult a szkennelt kép elégtelennek, míg a porozásos-levételes módszerrel csupán 10 esetben keletkezett értékelhetetlen nyomat. Fontos kiemelni, hogy ez a 10 elégtelen porozásos minta a szkennelés során is elégtelennek bizonyultak közé tartozik, és nem volt olyan eset, amely a szkennelés alapján megfelelő lett volna, de a porozásos módszerrel elégtelennek bizonyult volna. A porozásos-levételes eljárás során nem volt tapasztalható érdemi minőségromlás, míg a szkennelés esetén előfordultak ilyen jellegű eltérések. Kiemelendő, hogy egyes esetekben a dekontaminálószer alkalmazása még javította is az ujjnyomatok minőségét.

Incidin 5%: Az Incidin 5%-os oldata nem okozott kimutatható minőségromlást a mintákon, sem szkennelés, sem porozásos technika alkalmazása esetén. Egy esetben a dekontaminálás kifejezetten javította az ujjbarázdák élességét.

Bradolin: A Bradolin szintén nem okozott minőségromlást egyik módszerrel sem. A legtöbb esetben a dekontaminálás hatására a nyomatok élesebbé váltak.

Neomagnol 10%: A Neomagnol 10%-os oldata sem befolyásolta hátrányosan a minták minőségét sem szkenneléssel, sem porozásos módszerrel. Több esetben, különösen a porozásos eljárás során, a barázdák kifejezettebbé váltak.

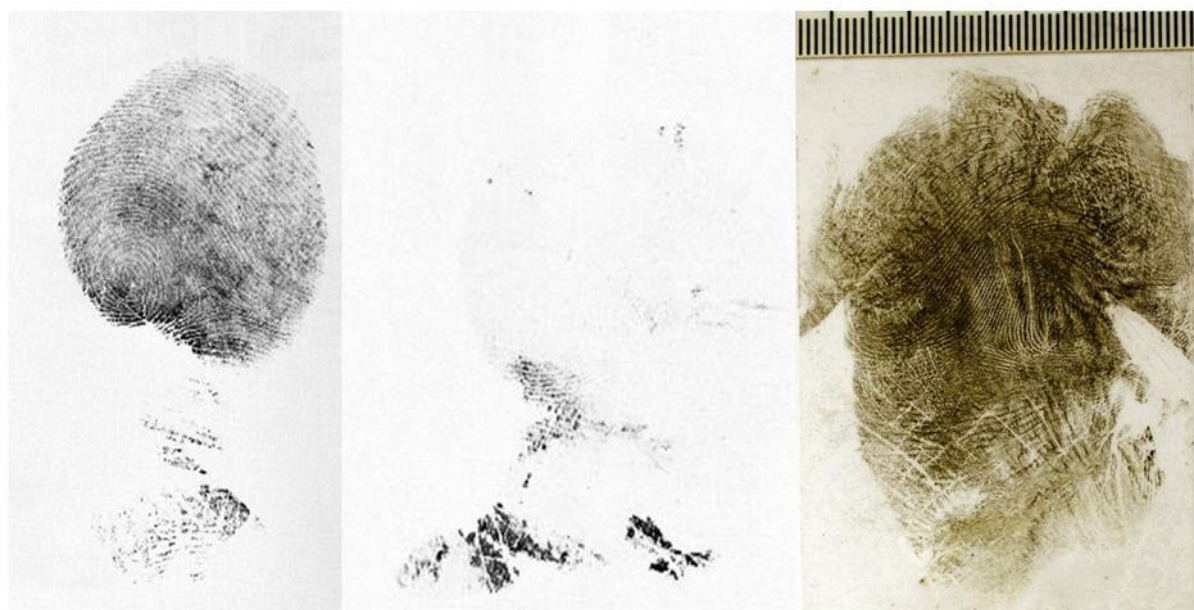
Hypo 1%: Az L5–L6 esetekben az 1%-os hypooldat jelentős minőségromlást eredményezett a szkenneléssel rögzített nyomatok esetében, míg a porozásos módszerrel nyert mintákra nem gyakorolt kedvezőtlen hatást. Ebből következően, ilyen típusú dekontaminálást követően a porozásos módszer alkalmazása javasolt.

Az L16–L18 esetekben a dekontaminált lábujjakat 44 órán át hűtőben helyeztük el, annak vizsgálatára, hogy a fertőtlenítőszer milyen hosszú távú hatást gyakorol a mintákra. A mintákat ezt követően ismételtén beszkeneltük, illetve a porozásos levételt is elvégeztük. Meglepő módon az esetek egyharmadában a harmadik (44 óra utáni) mintavétel szolgáltatta a legjobb minőséget, míg kétharmadában nem volt kimutatható minőségromlás a tárolásból fakadóan.

Hypo 5%: Az 5%-os hypo nem okozott romlást sem szkennelés, sem porozásos módszer esetén, szemben az 1%-ossal. Egy esetben a dekontaminálás után élesebb barázdák voltak megfigyelhetők. Emellett több minta esetében a porozásos technika jobb eredményt adott.

Hypo 10%: A 10%-os hypo szignifikáns minőségromlást eredményezett a szkennelt nyomatok esetén; a dekontaminálás után a lenyomatok a szkennelés számára gyakorlatilag

láthatatlanná váltak. A porozásos technika viszont változatlanul eredményes maradt, így ilyen dekontaminálószer alkalmazása után kizárólag ez a módszer tekinthető alkalmasnak.



19. sz. ábra: Szkennelt natív ujjnyom (bal oldalon, L11 I), szkennelt ujjnyom 10% hypoval történt mentesítés után (középen, L11 I), porozásos módszerrel vett ujjnyomat (jobb oldalon, L11 I); (Dr. Petrétei Dávid felvételei)

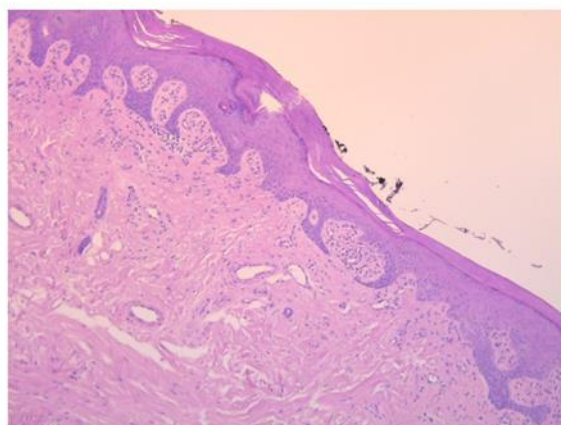
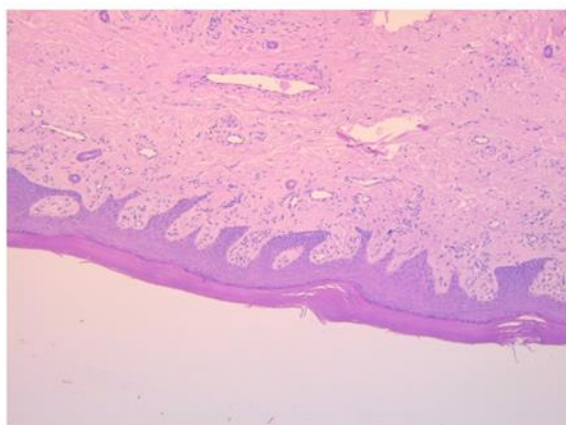
Solumium: A Solumium oldat enyhe minőségromlást okozott a szkennelt képeken, viszont a porozásos mintákban nem volt tapasztalható kedvezőtlen hatás. Sőt, egyes esetekben a fertőtlenítés kifejezetten javította az ujjbarázdák megjelenítését.

Makroszkóposan a 10%-os hypo volt az egyetlen dekontaminálószer, amely látható elváltozást okozott, sárgás elszíneződés formájában, ahogyan azt a 19. sz. ábra szemlélteti.



20. sz. ábra: Sárgás elszíneződés 10%-os hypoval folytatott mentesítés után (saját felvétel)

A szövettani vizsgálat során fizikai károsodás jelei voltak megfigyelhetők az L1–4, L7, L10, L12, L14–17, L19–20 és U2 mintákban, azonban ezek közül csak az L3 dekontaminált minta esetén volt a kontrollhoz képest is igazolható károsodás. Más esetekben mindkét (kezelt és kontroll) minta, vagy kizárólag a natív minta mutatott elváltozást. A legtöbb elégtelen minőségű ujjnyomat esetében a szövettani vizsgálat is fizikai károsodást jelzett.



21. sz. ábra: L11 III natív kontroll (bal oldalon) és L11 II mentesített minta (jobb oldalon) HE festés 100x

A 10%-os hypo szkennelt mintákra gyakorolt hatása mögött feltételezhető a bőrről ezen koncentrációban leoldott zsírok és olajok miatt megváltozott optikai tulajdonság, valamint a tömény mentesítő oldat kiszáritó hatása. Ezen tényezők szerepét valószínűsíti a definitív szöveti károsodás hiánya, illetve a porózásos mintavétel sikeressége, amely strukturális defektusok esetében nem lett volna kivitelezhető.

Összességében a kísérletsorozattal bizonyítást nyert, hogy a nedves alapú, relatíve drasztikusnak számító merítéses dekontaminálás sem károsítja a post mortem bőrt, azaz a módszer, az ismert limitációk mellett alkalmazható akkor is, ha az adott katasztrófában az elhunytak mentesítésére már csak élőkön nem alkalmazható, felületmentesítő oldatok állnak rendelkezésre.

4.3. Algoritmus javaslat a CBRN elhunytak sorsának rendezéséhez

Értekezésem utolsó részfejezetében olyan csekklista-szerű ajánlásokat szeretnék megfogalmazni, amelyek a gyakorlatban segíthetnek végiggondolni a CBRN halottkezelésben, áldozatazonosításban fontos lépéseket. Az ajánlásokat pontokba szedve, „megválaszolandó kérdés” formájában csoportosítva ismertetem. A lépések részben egymás eredményeire építenek, amelynek tükrében az egyes kérdések megválaszolása nélkül a további teendők meghatározása nem lehetséges. Mivel a legtöbb post mortem művelet szoros együttműködést követel, kiemelten a helyszíni fázisban, az érintett társszervezetek között, a feltüntetett kérdések megválaszolása a kooperáció és interoperabilitás szempontjából is jelentős.

4.3.1. Veszélyes ágens azonosítása

- Hogyan merült fel CBRN ágens lehetséges szerepe a halálesetben?
 - Amennyiben ismert az esemény háttere, ennek formája? (sporadikus eset, baleset, szándékos cselekmény stb.)
- Azonosították-e a veszélyes ágenszt?

- Amennyiben igen, ki és milyen módszerrel?
 - Ismert-e a lehetséges szennyeződési mechanizmus?
- Amennyiben nem, szükséges-e post mortem mintavétellel igazolni/elvetni ágens?
 - A post mortem igazolás milyen metodikát igényel? Mely szervekből, milyen mintát, milyen formában tárolva és szállítva szükséges biztosítani?
 - Rendelkezésre áll-e laboratóriumi háttér, amely fogadni tudja és fel tudja dolgozni a mintákat?
 - Amennyiben helyszíni eszközös méréssel, vagy gyorseszttel igazolható az ágens jelenléte, rendelkezésre áll-e a megfelelő minőségű eszköz/teszt? Tudja-e kezelni az állomány valamely tagja, illetve tudja-e értelmezni a detektálás eredményét?

4.3.2. Dekontamináció

- Lehetséges-e dekontaminálni az ágens ismeretében és a szennyezési mintázat tükrében az elhunytat?
 - Amennyiben igen, a post mortem műveletek előtt történt-e dekontaminálás? Milyen mintákat rögzítettek, ha rögzítettek, a mentesítés előtt?
 - Amennyiben nem (pl. belső kontamináció fennállása miatt), a post mortem műveletek alatt, illetve után milyen formában van lehetőség dekontaminálásra?
 - Ki fogja elvégezni a mentesítést? Milyen formában ellenőrizhető vissza a mentesítés hatékonysága?

4.3.3. Infrastrukturális elemek ellenőrzése

- Rendelkezésre állnak az esszenciális infrastrukturális elemek? (pl. áram, folyóvíz)
 - Amennyiben nem, biztosítható valamilyen mobil megoldás ezek megteremtéséhez?
- Milyen biztonsági szintet igényel az azonosított veszélyes ágens?
 - Milyen izolációs követelményeknek kell megfelelni?

- Rendelkezésre áll elegendő mennyiségű és minőségű hűtőhely?
- Milyen légtechnikát érintő követelményeknek kell megfelelni?
- Milyen dekontaminálási követelményeknek kell megfelelni?
- Milyen szennyvíz- és hulladékkezelési eljárásokat kell fogantatosítani?
- A felsorolt követelmények mindegyikét teljesíti a rendelkezésre álló infrastruktúra?
 - Amennyiben igen, ellenőrizhető az elemek állapota, karbantartottsági státusza?
 - Amennyiben nem, milyen óvintézkedéssel csökkenthető a hiányzó elemből fakadó kockázat? (pl. épület kiürítése és környék lezárása, magasabb szintű egyéni védőfelszerelés alkalmazása)

4.3.4. Tárgyi feltételek, egyéni védőfelszerelések ellenőrzése

- Milyen egyéni védőfelszerelés kritériumoknak kell megfelelni az ágens ismeretében?
 - Rendelkezésre áll-e megfelelő bőrvédelmi eszköz?
 - Rendelkezésre áll-e megfelelő légzésvédelmi eszköz?
 - Ellenőriztük a PPE-k minősítését, releváns tulajdonságait?
 - Ellenőriztük az eszközök sértetlenségét, működőképességét, szavatosságát?
 - A műveletek végeztével mi lesz a PPE-k sorsa?
 - Milyen módon mentesíthetők a többször használatos eszközök? Ki fogja elvégezni és ellenőrizni a mentesítést?
 - Rendelkezünk olyan tetemzásokkal, amelyekben biztonságosan tárolhatók a holttestek?
- Milyen eszközöket kell biztosítani a tervezett műveletekhez, mintavételi eljárásokhoz?
 - A szükséges, megfelelő minőségű eszközök darabszámra is megvannak? Ki és mikor ellenőrizte az eszközlistát?

- Tartalék eszközök rendelkezésre állnak?

4.3.5. Személyi feltételek ellenőrzése

- Rendelkezésre áll megfelelő szaktudással bíró, végrehajtásra hajlandó személyi állomány?
 - Tudnak csapatban dolgozni a végrehajtásra kijelölt szakemberek?
 - Tudják megfelelően használni a védőfelszereléseket?
 - Rendelkeznek a megfelelő profilaktikus védelemmel (pl. védőoltás), vagy tolerálják az esetlegesen szükséges megelőző gyógyszeres/egyéb beavatkozásokat?

4.5.6. Műveletek tervezése

- A veszélyes ágens ismeretében, a rendelkezésre álló infrastrukturális, tárgyi, személyi adottságok mentén milyen művelet tervezett?
 - Mik a jogszabályi kötelezettségek, amelyeknek mindenképpen meg kell felelni?
 - Milyen lépésekre bontható a tervezett műveletsor?
 - Amennyiben időkorlát miatt (pl. ágens miatt, vagy védőfelszerelés limitációjából fakadóan) váltást is biztosítani kell, a csapattagok tudják a kijelölt feladatukat?

4.4. Részkövetkeztetések

A CBRN környezetben végzendő post mortem műveletek rendkívül összetett mivoltából fakadóan számtalan kérdésre kell válaszokat találnunk a biztonságos munkakörülmények megteremtése érdekében. Ennek részeként végig kell gondolnunk a szükséges kritériumokat, amelyek mentén meghatározható a műveleti minimumkövetelmények sora. A védőfelszerelések vonatkozásában a 2023-as bonctermi gyakorlatunk igazolta a post mortem műveletek végrehajthatóságát, részműveletekre bontását, egyúttal értékes adatokat szolgáltatott, amelyek alapján a végrehajtók visszajelzéseit is szem előtt tartva választhatjuk ki a megfelelő, adott feladathoz igazított védőfelszereléseket.

A mentesítési kísérlet eredményei alapján kijelenthető, hogy a porózásos ujjnyomatvételi eljárást a kutatásunkban vizsgált dekontamináló szerek nem lehetetlenítik el, amely ezen módszer alkalmazását lehetővé teszi áldozatazonosítási scénáriók eseteire. A dekontaminálási vizsgálat eredménye további gyakorlati jelentőséggel is bír, amennyiben megfontoljuk, hogy olcsó, nagy tételben beszerezhető, de élő személyek mentésére nem használható szerekről is bizonyítást nyert az áldozatazonosítási érdeket nem sértő felhasználhatóság. Valós CBRN helyzetben, a szűkös, és értelemszerűen az élők mentésére fókuszált erőforrások mellett fontos lehet, hogy létezik olyan alternatíva, amely az elhunytak sorsának rendezésében is biztosítja a post mortem műveletek résztvevőinek biztonságát.

Összegzett következtetések

Az értekezésem elején bemutatott esetismertetések és gyakorlati tapasztalatok egyértelműen alátámasztják, hogy a CBRN (kémiai, biológiai, radiológiai és nukleáris) incidensek felszámolása rendkívül komplex és sokrétű feladat, amely nemcsak szakmai, hanem szervezeti és operatív szempontból is inter- és multidiszciplináris megközelítést követel. A különböző szakterületek képviselőinek, valamint a közreműködő hatóságoknak és szervezeteknek összehangolt, egymást támogató együttműködése nélkülözhetetlen a káresemények hatékony kezelése érdekében. Ezt a kooperációt nem csupán a mentési és egészségügyi beavatkozásokra, hanem a post mortem műveletek szakszerű és biztonságos lebonyolítására is ki kell terjeszteni.

A korábbi katasztrófahelyzetek tudományos igényű elemzése során lehetőség nyílik a megelőzést szolgáló biztonsági követelmények pontosítására, az emberi tényezőből fakadó hibák, mulasztások azonosítására, valamint az előzetesen tervezett protokollok gyakorlati alkalmazhatóságának vizsgálatára. Ezek az elemzések különösen értékesek a terápiás és diagnosztikus eljárások hatékonyságának értékelése, illetve az erőforrás-allokáció optimalizálása szempontjából. Emellett alapot nyújthatnak célzott szimulációs gyakorlatok és tréningprogramok kidolgozásához, amelyek során az interoperabilitási hiányosságok, az eszközhasználat és kommunikáció terén jelentkező problémák még a valós bevetések előtt azonosíthatók és orvosolhatók.

A SARS-CoV-2 világjárvány – minden tragikus velejárója ellenére – kiemelkedő gyakorlati tapasztalattal szolgált a biológiai veszélyhelyzetek során végzett halottkezelés sajátosságainak terén. A rendkívüli helyzet során elsajátított új módszertani megközelítések, biztonsági protokollok és dekontaminációs eljárások jelentős mértékben hozzájárulhatnak a jövőben felmerülő, akár más természetű (például vegyi vagy radiológiai) fenyegetések kezeléséhez is. Az újabb és újabb vírusvariánsok megjelenése, valamint a biológiai ágensek potenciális fegyverként történő alkalmazása rámutat a folyamatos felkészültség és a prevenció törekvések jelentőségére. A megszerzett tapasztalatok tehát nem csupán retrospektív értékkel bírnak, hanem proaktív módon alakíthatják a jövő járványügyi és katasztrófa-elhárítási stratégiáit.

A post mortem műveletek infrastrukturális, személyi és technikai feltételrendszere CBRN környezetben jelentősen túllépi a hagyományos bonctermi működés kereteit.

Nemzetközi példák és szakmai ajánlások alapján, valamint a BSL (biosafety level) laboratóriumi szabványok figyelembevételével megállapítható, hogy legalább a BSL-3 szintű védelem biztosítása szükséges a megfelelő biztonság és egészségvédelem garantálásához. Tekintettel arra, hogy Magyarországon a potenciális CBRN veszélyforrások földrajzilag szétszórtnak helyezkednek el, célszerű lehet a jövőben mobil bonctermi kapacitások létrehozása, amelyek moduláris felépítésük révén az adott műveleti környezet sajátosságaihoz igazíthatók. Ez a megközelítés nemcsak nagyobb rugalmasságot biztosítana, hanem hozzájárulna a műveleti idő lerövidítéséhez és a CBRN érintettségű halottkezelés általános biztonságának emeléséhez is.

A védőfelszerelések helyes megválasztása szintén elengedhetetlen feltétele a CBRN esetekben folytatott munkavégzésnek. A 2023-ban végrehajtott bonctermi gyakorlat tapasztalatai, valamint a végrehajtók visszajelzései alapján meghatározhatók azok a minimumkövetelmények, amelyek mentén a leginkább megfelelő védőfelszerelések kiválaszthatók a jövőbeni éles helyzetekre. Ezen túlmenően a dekontaminálási kísérletek eredményei egyértelműen alátámasztják, hogy az ujjnyomat-azonosításhoz alkalmazott porozásos technika a vizsgált fertőtlenítőszer alkalmazását követően is sikerrel alkalmazható marad, így a módszer a CBRN környezetben végzett áldozatazonosítás során is megbízható eszközként használható.

Összességében tehát elmondható, hogy a CBRN eseményekben történő post mortem műveletek során egy jól definiált, előzetesen kialakított és gyakorlatban is validált követelményrendszerre van szükség, amely az infrastruktúrától kezdve a személyi felkészítésen át a módszertani protokollokig minden szintet lefed. E követelmények teljesítése nemcsak az érintett személyzet biztonságát, hanem az elhunytak méltóságának megőrzését, valamint az azonosítási folyamatok sikerességét is garantálja. Bízom benne, hogy kutatásommal, illetve jelen értekezéssel mindezek fontosságának megértéséhez, néhány alapgondolat lefektetéséhez magam is hozzájárulhattam.

Új tudományos eredmények

Az alábbi új tudományos eredményeket javaslom elfogadásra:

1. Korábbi halálos CBRN jellegű események szakirodalmi feldolgozásával, valamint a hazánkban fellelhető, post mortem műveletek szempontjából releváns rizikóforrások elemzésével bizonyítottam a CBRN katasztrófák halottkezelésre gyakorolt hatásának jelentőségét.
2. A BSL szintek, valamint a nemzetközi irodalmi ajánlások elemzésével azonosítottam a kórboncolásokban, áldozatazonosításban releváns infrastrukturális, tárgyi és személyi feltételeket, konkrét javaslatokat és megállapításokat téve az egyes elemek vonatkozásában
3. A SARS-CoV-2 pandémia kapcsán a járvány hazai megjelenése előtt bonctermi gyakorlatot terveztem és szerveztem, amelynek eredményeit a később éles körülmények között végzett boncolások során hasznosítottam, illetve igazoltam felhasználhatóságukat. Hazánkban, és nemzetközi viszonylatban is elsők között dolgoztam ki komplex halottkezelési ajánlást a SARS-CoV-2 esetek kezeléséhez. A vírus post mortem kimutatására in situ mintavételi technikát dolgoztam ki és hajtottam végre, amelyet laboratóriumi eredményekkel validáltunk.
4. Igazoltam a post mortem műveletek végrehajthatóságát az egyéni védőeszközök fiziológiai hatásainak, a kényelmi adottságaik és a bennük folytatott munkavégzés tapasztalatainak elemzésével, egy 2023-ban általam tervezett, szervezett és irányított bonctermi és CBRN áldozatazonosítási gyakorlat tapasztalatainak feldolgozásával.
5. Dekontaminációs kísérletsorozatban igazoltam, hogy a folyadékalapú mentesítő eljárások, a tesztelt mentesítő szerek adott koncentrációban és időtartamban való alkalmazása esetén nem károsítják a humán in vitro bőrmintákat, ezáltal az áldozatazonosítási műveletekben az ujjnyomatok levételét és értékelését nem akadályozzák.
6. Elsőként dolgoztam ki gyakorlati kísérleteim alapján egy ajánlott algoritmust a CBRN post mortem műveletek tervezéséhez, szervezéséhez és biztonságos végrehajtásához.

Ajánlások, javaslatok

Az értekezés tudományos eredményei alapján az alábbi javaslatokat teszem:

- Javaslom a multi- és interdiszciplináris együttműködés kialakítását a pontenciálisan halottkezelésben érintett hivatásos szervezetek között, annak érdekében, hogy a biztonságos

halottkezelés megvalósulhasson, illetve az egyes műveletek összehangolásával és optimalizálásával hatékonyabbá válhassanak a post mortem eljárások.

- Javaslom megfontolásra mobil BSL3 bonctermi képesség kialakítását hazánkban, amely nagy mértékben járulhatna hozzá a post mortem műveletek biztonságosabbá tételéhez, felkészülve egy esetleges jövőbeni CBRN eseményre.
- Javaslom a magasabb szintű egyéni védőfelszerelések helyes használatának beépítését az egészségügyi dolgozók képzésébe, graduális és postgraduális elméleti és gyakorlati képzés keretein belül egyaránt.
- Javaslom a dekontaminációs eljárások további vizsgálatát az áldozatazonosítási folyamatok további optimalizálásához.

A kutatási eredmények gyakorlati hasznosíthatósága

Az értekezésben bemutatott kutatási eredmények közvetlen és gyakorlati szinten is hozzájárulhatnak a CBRN eseményekhez kapcsolódó post mortem műveletek szakmai fejlesztéséhez és biztonságos végrehajtásához. A korábbi halálos CBRN események elemzése alapján kirajzolódó tendenciák segítik az ilyen típusú katasztrófák során várható kihívások előrejelzését és azonosítását, ezáltal lehetővé téve a célzott felkészülést. A hazai kockázati tényezők feltérképezése révén pontosabban definiálhatók azok a területek, ahol a CBRN halottkezelési kapacitás kiépítése vagy megerősítése különösen indokolt.

A nemzetközi ajánlások és BSL szintek részletes elemzése alapján megfogalmazott javaslatok infrastruktúrafejlesztési, személyi és tárgyi szempontból is iránymutatást adnak a jövőbeli bonctermi kapacitások kialakításához. Különösen hasznosak lehetnek ezek a meglévő létesítmények fejlesztése, vagy új, mobil bonctermi egységek tervezése során. A SARS-CoV-2 pandémia előtt végrehajtott bonctermi gyakorlat, valamint a válsághelyzet alatt validált komplex halottkezelési protokoll nemcsak hazai, de nemzetközi szinten is modellértékű megoldásokat kínált. Az in situ mintavételi technika kidolgozása, valamint annak laboratóriumi validálása különösen hasznos alapot jelenthet jövőbeni járványügyi helyzetek elhunytjainak diagnosztikájában.

A 2023-ban lebonyolított gyakorlati tréning, amely az áldozatazonosítás és boncolás végrehajtására fókuszált, nemcsak az operatív kivitelezhetőséget igazolta, hanem értékes

visszajelzést adott a védőfelszerelések hatásairól is, beleértve azok élettani és ergonómiai vonatkozásait. E tapasztalatok alapján a védőeszközök kiválasztása a jövőben tudományosan megalapozottabb módon történhet. A dekontaminációs kísérletsorozat pedig arra világított rá, hogy bizonyos mentesítőszeresek – megfelelő koncentráció és expozíciós idő mellett – nem károsítják a bőrmintákat, így nem akadályozzák az ujjnyomlevétel és azonosítási eljárásokat. E megállapítás különösen fontos a CBRN incidensek esetében, amikor a gyors és pontos áldozatazonosítás elengedhetetlen. Az értekezés végén megfogalmazott csekklista-alapú ajánlás továbbá közvetlenül felhasználható a műveletek tervezésében, szervezésében, standardizálásában. Összességében a fenti eredmények egy jól körülhatárolható, gyakorlatorientált tudásanyagot képeznek, amely a CBRN környezetben végzendő post mortem műveletek terén hozzájárulhat a hatékonyság, a biztonság és a szakmai színvonal emeléséhez.

Köszönetnyilvánítás

Az értekezés elkészítésében nyújtott segítségért és támogatásért hálával tartozom témavezetőimnek, Dr. Svéd László Tábornok Úrnak és Dr. Földi László Ezredes Úrnak. Köszönöm továbbá Dr. Jäckel Márta Főorvos Asszonynak, hogy töretlenül támogatta kutatásaim megvalósulását az évek alatt.

Köszönöm a családomnak, barátaimnak, hogy a nehéz pillanatokban sem hagytak magamra, mindig lelket öntöttek belém, és nem hagyták, hogy egy pillanatra is elbizonytalanodjak a kutatások értelmét illetően.

Köszönöm a kollégáimnak, közvetlenebb és távolabbi diszciplínák képviselőinek, hogy szaktudásukkal, hozzáértésükkel és érdeklődésükkel segítették kutatásom megvalósulását. Külön köszönöm Bognár Csaba Tanár Úrnak sok-sok éve tartó támogatását, szakmai mentorálását.

Az értekezést Dr. Halász László Ezredes, Professzor Úr és Fülöp Gábor Rendőr Őrnagy, Rendőrségi Tanácsos emlékének ajánlom. Professzor Úr elsőként szavazott bizalmat nekem és a kutatási témámnak is, Őrnagy Úr pedig lelkesítő érdeklődésével, szakmai meglátásaival és baráti tanácsaival segítette a kutatásom beteljesülését.

Irodalomjegyzék

Alibek, Ken and Handelman, Stephen (1999): Biohazard: The Chilling True Story of the Largest Covert Biological Weapons Program in the World - Told From Inside by the Man Who Ran It. New York, NY: Random House.

Alimohamadi, Yousef et al. (2021): Case fatality rate of COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*, 62 (2), E311–E320. Online: <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2021.62.2.1627>

Almási Csaba Sándor (2025): Veszélyesáru-szállítási káresemények vizsgálatának műszaki megalapozása. PhD- disszertáció. Nemzeti Közzolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola

Ammendolia, Justine et al. (2021): An Emerging Source of Plastic Pollution: Environmental Presence of Plastic Personal Protective Equipment (Ppe) Debris Related to Covid-19 in a Metropolitan City. *Environmental Pollution*, 269, 116160. Online: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116160>

Ammerman, Nicole C. – Beier-Sexton, Magda – Azad, Abdu. F. (2008): Growth and maintenance of Vero cell lines. *Current Protocols in Microbiology*, Appendix 4, Appendix–4E. Online: <https://doi.org/10.1002/9780471729259.mca04es11>

Andersen, Kristian G. et al. (2020): The proximal origin of SARS-CoV-2. *Nature Medicine*, 26 (4), 450–452. Online: <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0820-9>

Angyal Miklós – Petrétei Dávid (2019): A Magyarországi Áldozatazonosítási Szolgálat felállításának kihívásai és tapasztalatai. Budapest: Nemzeti Közzolgálati Egytem.

Angyal Miklós (2014): Javaslat egy hazai áldozatazonosítási szolgálat létrehozására. *Belügyi Szemle*, 62 (11), 52-68. Online: <https://doi.org/10.38146/bsz-ajia.2014.v62.i11.pp52-68>

Angyal Miklós et al. (2023): Műteti implantátumok tételszáma alapján történő igazságügyi célú személyazonosítás. *Orvosi Hetilap*, 164 (23), 911–918. Online: DOI:10.1556/650.2023.32767

Anjos, R. M. et al. (2001): Radioactivity Teaching: Environmental Consequences of the Radiological Accident in Goiânia (Brazil). *American Journal of Physics*, 69, 377–381. Online: <https://doi.org/10.1119/1.1315603>

Bajardi, Paolo et al. (2011): Human Mobility Networks, Travel Restrictions, and the Global Spread of 2009 H1N1 Pandemic. PLoS ONE, 6 (1), e16591. Online: doi:10.1371/journal.pone.0016591

Barea, Elisa –Montoro, Carmen –Navarro, Jorge A. R. (2014): Toxic Gas Removal – Metal–Organic Frameworks for the Capture and Degradation of Toxic Gases and Vapours. Chemical Society Reviews, 43, 5419–5430. Online: <https://doi.org/10.1039/C3CS60475F>

Berek Tamás – Horváth Livia (2017): Az egyéni vegyivédelmi védőeszköz alkalmazásának élettani hatásai – a vízveszteség. Hadmérnök, 12 (1), 48-58. Online: http://www.hadmernok.hu/170k_04_horvath.pdf

Beresford, N. A. et al. (2016): Thirty Years after the Chernobyl Accident: What Lessons Have We Learnt? Journal of Environmental Radioactivity, 157, 77–89. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.02.003>

Berketa, John – James, Helen – Lake, Anthony. (2011): Forensic odontology involvement in disaster victim identification. Forensic Science, Medicine, and Pathology, 8, 148-156. Online: <https://doi.org/10.1007/s12024-011-9279-9>

Blau, Soren – Briggs, Christopher A. (2011): The role of forensic anthropology in Disaster Victim Identification (DVI). Forensic Science International, 205 (1–3), 29-35. Online: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.07.038>.

Boklund, Anette et al. (2021): SARS-CoV-2 in Danish Mink Farms: Course of the Epidemic and a Descriptive Analysis of the Outbreaks in 2020. Animals, 11 (1), 164. <https://doi.org/10.3390/ani11010164>

Borsetti Alessandra et al. (2022): The unresolved question on COVID-19 virus origin: The three cards game? Journal of Medical Virology, 94, 1257-1260. Online: doi:10.1002/jmv.27519

Brough, Alison – Morgan, Bruno – Rutty G. N. (2015): Postmortem computed tomography (PMCT) and disaster victim identification. La Radiologia Medica, 120 (9), 866–873. Online: <https://doi.org/10.1007/s11547-015-0556-7>

Broughton, Edward (2005): The Bhopal Disaster and Its Aftermath: A Review. Environmental Health, 4 (6), 1–6. Online: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-4-6>

Bushberg, Jerrold T. (2020): Radiation Exposure and Contamination. MSD Manual, Online: www.msdmanuals.com/professional/injuries-poisoning/radiation-exposure-and-contamination/radiation-exposure-and-contamination

Calder, Antony – Bland, Steven (2018): CBRN considerations in a major incident. *Surgery (Oxford)*, 36 (8), 417-423. Online: <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2018.05.002>

Centers for Disease Control and Prevention – National Institutes of Health (2020): Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories (BMBL) 6th Edition Online: <https://www.cdc.gov/labs/bmbl/index.html> Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Centers for Disease Control and Prevention (2023): About Ionizing Radiation and Reproductive Health Online: <https://www.cdc.gov/niosh/reproductive-health/prevention/ionizing-radiation.html> Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Centers for Disease Control and Prevention (2025): Treating Radiation Exposure with Prussian Blue. Online: <https://www.cdc.gov/radiation-emergencies/treatment/prussian-blue.html> Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (2019) Online: <https://data.humdata.org/organization/cred#:~:text=CRED%20defines%20a%20disaster%20as%20%E2%80%9Ca%20situation%20or,that%20causes%20great%20damage%2C%20destruction%20and%20human%20suffering%E2%80%9D>. Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Challen, Robert et al. (2021): Risk of mortality in patients infected with SARS-CoV-2 variant of concern 202012/1: matched cohort study. *BMJ Clinical Research*, 372, n579. Online: <https://doi.org/10.1136/bmj.n579>

Champod, Christophe et al. (2016): Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions, 2nd edn. Boca Raton, FL: CRC Press, 1.

Cheng, Cheng et al. (2021): The incubation period of COVID-19: a global meta-analysis of 53 studies and a Chinese observation study of 11 545 patients. *Infectious Diseases of Poverty*, 10 (1), 119. Online: <https://doi.org/10.1186/s40249-021-00901-9>

Cieslak, Theodore et al. (2018): Beyond the Dirty Dozen: A Proposed Methodology for Assessing Future Bioweapon Threats. *Military Medicine*, 183 (1-2), e59–e65. Online: <https://doi.org/10.1093/milmed/usx004>

Craig E. Colton (2017): Respirator Classification. In Racz–Yamamoto–Eninger (szerk.): Handbook of Respiratory Protection: Safeguarding against Current and Emerging Hazards. Boca Raton, FL: CRC Press, 40.

Cucinotta, Domenico – Vanelli, Maurizio (2020): WHO Declares COVID-19 a Pandemic. *Acta bio-medica: Atenei Parmensis*, 91 (1), 157–160. Online: <https://doi.org/10.23750/abm.v91i1.9397>

Daluz, Hillary Moses (2015): Fundamentals of Fingerprint Analysis. Boca Raton, FL: CRC Press, 7.

Danics Krisztina et al. (2021): A COVID-19-association-dependent categorization of death causes in 100 autopsy cases. *GeroScience*, 43 (5), 2265–2287. Online: <https://doi.org/10.1007/s11357-021-00451-w>

Dehghani, Arezoo – Masoumi, Gholamreza (2020): Could SARS-CoV-2 or COVID-19 Be a Biological Weapon? *Iranian Journal of Public Health*, 49 (Suppl 1), 143–144. Online: <https://doi.org/10.18502/ijph.v49iS1.3691>

Donaldson, Liam J. et al. (2009): Mortality from pandemic A/H1N1 2009 influenza in England: Public Health Surveillance Study. *BMJ*, 339, 339:b5213. Online: <https://doi.org/10.1136/bmj.b5213>

Drahansky, Martin et al. (2012): Influence of skin diseases on fingerprint recognition. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2012:626148. Online: <https://doi.org/10.1155/2012/626148>

EMMI Egészségügyi Szakmai Kollégium Patológia Tagozata (2020): Az EMMI Egészségügyi Szakmai Kollégium Patológia Tagozata ajánlása a COVID-19 ellátásrenddel kapcsolatban

European Comission (é.n.): CBRN Glossary. Online: https://encircle-cbrn.eu/wp-content/uploads/2021/04/cbrn_glossary_en.pdf Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Faludi Gábor (2012): A biológiai fegyver és az ellene való védelem – biovédelem (orvosi) kérdései. PhD-disszertáció. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem.

Fan et al. (2023): Photolysis and photo-enhanced toxicity of three novel designed neonicotinoids: Impact of novel modifying groups. *Journal of Hazardous Materials*, 459, 132132. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132132>

Farid Ajang – Farkas Csaba Bence – Petrétai Dávid (2023): DVI 2022 - Az áldozatazonosító eljárás fejlődése az első hazai bevetés óta. *Védelem Tudomány*, 7 (3), 204-214.

Farkas Csaba Bence (2022): A vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris (CBRN-) balesetek és rendkívüli események közvetlen és közvetett, a környezetre, valamint az egészségügyre gyakorolt hatásai. *Hadmérnök*, 17 (1), 67–82. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2022.1.5>

Farkas Csaba Bence (2023): Post mortem vizsgálati eljárások helye és szerepe vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris katasztrófákban. In: Göcze István – Padányi József (Szerk.): *Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában*. Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó, 43-53.

Farkas Csaba Bence et al. (2020): Elhunytakkal kapcsolatos teendők COVID–19-gyanús, valószínűsített és megerősített esetekben. *Orvosi Hetilap* 161 (17), 713-722. Online: <https://doi.org/10.1556/650.2020.31818>

Farkas, Csaba Bence (2024): Vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris események áldozatainak kezelése a biztonság tükrében. *Scientia et Securitas*, 5 (2), 170-176. Online: <https://doi.org/10.1556/112.2024.00195>

Farkas, Csaba Bence et al. (2023): Analysis of the Virus SARS-CoV-2 as a Potential Bioweapon in Light of International Literature. *Military Medicine*, 188 (3-4), 531–540. Online: <https://doi.org/10.1093/milmed/usac123>

Fatah A. A. et al. (2001): *Guide for the Selection of Chemical and Biological Decontamination Equipment for Emergency First Responders*. Washington, DC: National Institute of Justice, Office of Science and Technology.

Fears, Alyssa. C. et al. (2020): Persistence of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in Aerosol Suspensions. *Emerging Infectious Diseases*, 26 (9), 2168–2171. Online: <https://doi.org/10.3201/eid2609.201806>

Finke, Ernst-Jürgen et al. (2020): Review: The Risk of Contracting Anthrax from Spore-Contaminated Soil – a Military Medical Perspective. *European Journal of Microbiology & Immunology*, 10 (2), 29–63. Online: <https://doi.org/10.1556/1886.2020.00008>

Folgueira, Maria Dolores et al. (2021): Prolonged SARS-CoV-2 cell culture replication in respiratory samples from patients with severe COVID-19. *Clinical Microbiology and Infection*, 27 (6), 886–891. Online: <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2021.02.014>

Fry, R. J. Michael (2001): Deterministic Effects. *Health Physics*, 80 (4), 338–343. Online: <https://doi.org/10.1097/00004032-200104000-00009>

Gazdaságfejlesztési Minisztérium (2023): Szaktevékenységek - Egyéni védőeszközök Munkáltatóknak, és munkavállalóknak szóló munkavédelmi ismereteket tartalmazó útmutató. Online: https://v2.pmkik.hu/wp-content/uploads/Szaktevekenyseg-Egyeni-vedoeszkozok-v2__MV_TIM.pdf Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Gershon, Robyn RM et al. (2014): Mass fatality preparedness among medical examiners/coroners in the United States: a cross-sectional study. *BMC public health*, 15, 1275. Online: <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-1275>

Ghai, Ria R., et al. (2021): Animal Reservoirs and Hosts for Emerging Alphacoronaviruses and Betacoronaviruses. *Emerging Infectious Diseases*, 27 (4), 1015–1022. Online: <https://doi.org/10.3201/eid2704.203945>

Guskova, Angelina K. et al. (1988): Acute radiation effects in victims of the Chernobyl accident UNSCEAR 1988 REPORT Appendix to Annex G “EARLY EFFECTS IN MAN OF HIGH RADIATION DOSES”. Online: https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/publications/UNSCEAR_1988_Annex-G.pdf Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Guskova, Angelina K. et al. (1990): Acute Effects of Radiation Exposure Following the Chernobyl Accident. In: Browne, D. – Weiss, J.F. – MacVittie, T.J. – Pillai, M.V. (Szerk): *Treatment of Radiation Injuries*. Boston, MA: Springer. Online: https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0864-3_20

Halász László – Földi László (2014): Környezetbiztonság. Budapest: Nemzeti Közszerológati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar. Online: <http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/8583/Teljes%20sz%C3%B6veg%21?sequence=1&isAllowed=y> Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Halász László – Földi László (2019): Az éghajlatváltozás jelenlegi helyzete és legfrissebb tendenciái, magyarországi következmények. In Földi László –Hegedűs Hajnalka (szerk.): *Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén*. Budapest: Nemzeti Közszerológati Egyetem, 9–91.

Hamza, Ameer (2017): Declining rate of autopsies: implications for anatomic pathology residents. *Autopsy Case Reports*, 7(4), 1-2. Online: <http://dx.doi.org/10.4322/acr.2017.036>

Harris, Sheldon H. (1994): *Factories of Death: Japanese Biological Warfare, 1932-45 and the American Cover-Up*. New York: Routledge.

Hartman, D. et al. (2011): The contribution of DNA to the disaster victim identification (DVI) effort. *Forensic Science International*, 205(1-3), 52–58. Online: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.09.024>

Hatanaka N. et al. (2021): Chlorine dioxide is a more potent antiviral agent against SARS-CoV-2 than sodium hypochlorite. *The Journal of Hospital Infection*, 118, 20-6. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2021.09.006>

He, Wenqing – Yi, Y. Grace – Zhu, Yayuan. (2020): Estimation of the basic reproduction number, average incubation time, asymptomatic infection rate, and case fatality rate for COVID-19: Meta-analysis and sensitivity analysis. *Journal of Medical Virology*, 92(11), 2543–2550. Online: <https://doi.org/10.1002/jmv.26041>

Heling I. et al. (2001): Bactericidal and Cytotoxic Effects of Sodium Hypochlorite and Sodium Dichloroisocyanurate Solutions In Vitro. *Journal of Endodontics*, 27 (4), 278-80. Online: <https://doi.org/https://doi.org/10.1097/00004770-200104000-00009>

Heninger, Sara J. et al. (2009): Decontamination of *Bacillus anthracis* Spores: Evaluation of Various Disinfectants. *Applied Biosafety*, 14 (1), 7-10. Online: <https://doi.org/10.1177/153567600901400103>

Huang, Yuan et al. (2020): Structural and functional properties of SARS-CoV-2 spike protein: potential antiviral drug development for COVID-19. *Acta Pharmacologica Sinica*, 41 (9), 1141–1149. Online: <https://doi.org/10.1038/s41401-020-0485-4>

International Atomic Energy Agency (1988): *The Radiological Accident in Goiânia*. Vienna: International Atomic Energy Agency.

International Atomic Energy Agency (2006): *Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and Their Remediation: Twenty Years of Experiences*. Report of the Chernobyl Forum Expert Group ‘Environment’. Vienna: International Atomic Energy Agency.

International Atomic Energy Agency (2018): *Medical Management of Persons Internally Contaminated with Radionuclides in a Nuclear or Radiological Emergency*. Vienna: International Atomic Energy Agency.

International Atomic Energy Agency (2025): Update 275 – IAEA Director General Statement on Situation in Ukraine. Online: <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/update-275-iaea-director-general-statement-on-situation-in-ukraine> Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

International Fingerprint Research Group (2014): Guidelines for the Assessment of Fingermark Detection Techniques. *Journal of Forensic Identification*, 64 (2), 174-200.

Interpol (2023): Disaster Victim Identification Guide. Online: <https://www.interpol.int/How-we-work/Forensics/Disaster-Victim-Identification-DVI> Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Interpol (2023a): DVI guide Annexure 11 - Guidance for dead body management and DVI in CBRNE disasters. Online: <https://www.interpol.int/How-we-work/Forensics/Disaster-Victim-Identification-DVI> Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Jan Schumacher (2017): Respiratory Protection for Medical First Responders and Receivers. In Racz–Yamamoto–Eninger (szerk.): *Handbook of Respiratory Protection: Safeguarding against Current and Emerging Hazards*. Boca Raton, FL: CRC Press, 416–425.

Janssen, Larry et al. (2018): *Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear (CBRN) Respiratory Protection Handbook*. Pittsburgh, PA, U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 2018-166.

Jarvis, Michael C. (2020): Aerosol Transmission of SARS-CoV-2: Physical Principles and Implications. *Frontiers in Public Health*, 8, 590041. Online: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.590041>

Jávor Benedek – Hargitai Miklós (2011): Kolontár-jelentés. Online: <https://lmp.hu/wp-content/uploads/2023/08/Kolontar-jelentes-2011-pdf.pdf> Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Jefri, Umi Haida Nadia Mohamed et al. (2022): A systematic review on chlorine dioxide as a disinfectant. *Journal of Medicine and Life*, 15 (3), 313-8. Online: <https://doi.org/10.25122/jml-2021-0180>

Jiang, Dong et al. (2020): Could Environment Affect the Mutation of H1n1 Influenza Virus? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (9), 3092. Online: <https://doi.org/10.3390/ijerph17093092>

Johnson, Bryan T – John A J M Riemen (2018): Digital capture of fingerprints in a disaster victim identification setting: a review and case study. *Forensic Sciences Research*, 4 (4), 293-302. Online: doi:10.1080/20961790.2018.1521327

Justo Arevalo, Santiago et al. (2021): Dynamics of SARS-CoV-2 mutations reveals regional-specificity and similar trends of N501 and high-frequency mutation N501Y in different levels of control measures. *Scientific Reports*, 11, 17755. Online: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97267-7>

Karimzadeh, Sedighe., Bhopal, Raj., & Nguyen Tien, Huy (2021): Review of infective dose, routes of transmission and outcome of COVID-19 caused by the SARS-COV-2: comparison with other respiratory viruses. *Epidemiology and Infection*, 149, e96. Online: doi:10.1017/S0950268821000790

Kasper, Matthew. R., & Geibe, Jesse R. (2021): An Outbreak of Covid-19 on an Aircraft Carrier. Reply. *The New England Journal of Medicine*, 384 (10), 976–977. Online: <https://doi.org/10.1056/NEJMc2034424>

Keenlside, Julia (2012): Pandemic Influenza A H1N1 in Swine and Other Animals. In Richt, Jürgen A. – Webby, Richard J. (szerk.): *Swine Influenza. Current Topics in Microbiology and Immunology*. Berlin–Heidelberg: Springer. 259–271. Online: https://doi.org/10.1007/82_2012_301

Khandker, Shahad Saif et al. (2021): Diagnostic Accuracy of Rapid Antigen Test Kits for Detecting SARS-CoV-2: A Systematic Review and Meta-Analysis of 17,171 Suspected COVID-19 Patients. *Journal of Clinical Medicine*, 10 (16), 3493. Online: <https://doi.org/10.3390/jcm10163493>

Kiss Bálint et al. (2021). Topography, Spike Dynamics, and Nanomechanics of Individual Native SARS-CoV-2 Virions. *Nano letters*, 21 (6), 2675–2680. Online: <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.0c04465>

Knight, Bernard (2004): The establishment of identity of human remains. In: Knight, Bernard – Saukko, Pekka (szerk.): *Knight's Forensic Pathology*. Boca Raton: CRC Press, 98-135.

Knight, Dacre (2021): COVID-19 Pandemic Origins: Bioweapons and the History of Laboratory Leaks. *Southern Medical Journal*, 114 (8), 465–467. Online: <https://doi.org/10.14423/SMJ.0000000000001283>

Kormos Timea – Csatai Tamás – Menczóné Fekete Margit: A többé már nem maceráló jog, avagy van -e a holttest-azonosítás hazai szabályozásának evolúciója? *Belügyi Szemle*, 63 (6), 104-111. Online: <https://doi.org/10.38146/BSZ.2015.6.8>

Krammer, Florian (2019): The Human Antibody Response to Influenza A Virus Infection and Vaccination. *Nature Reviews Immunology*, 19, 383–397. Online: <https://doi.org/10.1038/s41577-019-0143-6>

Krupincza Mariann (2018): Már itthon is terjedhet a krími-kongói vérzések láz. Online: <https://hirado.hu/belfold/kozelet/cikk/2018/12/20/mar-itthon-is-fellelheto-a-krimi-kongoi-verzeses-laz>

Kumar, Girish – Tripathi, Daya Shankar – Roy, Sisir Kumar (1989): Cytological Effects on Plants by an Accidental Leakage of Methylisocyanate (Mic) Gas. *Environmental and Experimental Botany*, 29 (2), 261–271. Online: [https://doi.org/10.1016/0098-8472\(89\)90058-0](https://doi.org/10.1016/0098-8472(89)90058-0)

Lage, Leonardo Bastos et al. (2020): Evaluation of Ionizing Radiation as a Risk Factor for the Incidence of Breast Cancer: Long-Term Analysis after the Cesium-137 Accident in Goiânia, Brazil. An Ecological Study. *Sao Paulo Medical Journal*, 138 (4), 297–304. Online: <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2020.0041.r1.04052020>

Li, Ling et al. (2005): Biosafety Level 3 Laboratory for Autopsies of Patients with Severe Acute Respiratory Syndrome: Principles, Practices, and Prospects. *Clinical Infectious Diseases*, 41 (6), 815–821. Online: <https://doi.org/10.1086/432720>

Liu, David T. et al. (2021): Portable HEPA Purifiers to Eliminate Airborne SARS-CoV-2: A Systematic Review. *Otolaryngology – Head and Neck Surgery*, 166 (4), 615–622. Online: <https://doi.org/10.1177/01945998211022636>

LiVolsi, V. A. et al. (2011): The Chernobyl Thyroid Cancer Experience: Pathology. *Clinical Oncology*, 23 (4), 261–267. Online: <https://doi.org/10.1016/j.clon.2011.01.160>

Loughrey MB, McCluggage WG, Toner PG (2000): The declining autopsy rate and clinicians' attitudes. *Ulster Medical Journal*, 69(2), 83-89.

Lu, Roujian et al. (2020): Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet*, 395 (10224), 565–574. Online: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30251-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30251-8)

Luo, Guangze et al. (2021): Infection fatality ratio and case fatality ratio of COVID-19. *International Journal of Infectious Diseases*, 113, 43–46. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2021.10.004>

Lyon Regan F. (2021): The COVID-19 Response Has Uncovered and Increased Our Vulnerability to Biological Warfare. *Military Medicine*, 186 (7-8), 193–196. Online: <https://doi.org/10.1093/milmed/usab061>

Maithili Sharan, S.G. Gopalakrishnan (1997): Bhopal gas accident: a numerical simulation of the gas dispersion event. *Environmental Modelling & Software*, 12 (2–3), 135–141. Online: [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(96\)00054-0](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(96)00054-0).

Marqués, Montse –Domingo, José L. (2021): Contamination of Inert Surfaces by SARS-CoV-2: Persistence, Stability and Infectivity. A Review. *Environmental Research*, 193, 110559. Online: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110559>

Marzoli, Filippo et al. (2021): A systematic review of human coronaviruses survival on environmental surfaces. *The Science of the Total Environment*, 778, 146191. Online: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146191>

Medical Advisory, Secretariat (2005): Air Cleaning Technologies: An Evidence-Based Analysis. *Ontario Health Technology Assessment Series*, 5 (17), 1–52. Online: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23074468/>

Mekonnen, Daniel et al. (2015): Evaluation of the efficacy of bleach routinely used in health facilities against *Mycobacterium tuberculosis* isolates in Ethiopia. *Pan African Medical Journal*, 21, 317. Online: <https://doi.org/10.11604/pamj.2015.21.317.5456>

Montelius, Kerstin – Lindblom, Bertil (2012): DNA analysis in Disaster Victim Identification. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 8 (2), 140–147. Online: <https://doi.org/10.1007/s12024-011-9276-z>

Mostafa, Mohamed K. –Gamal, Gamil –Wafiq, A. (2021): The Impact of Covid 19 on Air Pollution Levels and Other Environmental Indicators – a Case Study of Egypt. *Journal of Environmental Management*, 277, 111496. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111496>

Mozer Mária (2014): Egy új vizsgálat szerint nem kap elegendő figyelmet a traumás stressz kutatása. Online: <https://semmelweis.hu/hirek/2014/03/14/nem-kap-elegendo-figyelmet-a-traumas-stressz-kutatasa/> Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

MTI, M1, hirado.hu (2019): Hajóbaleset a Dunán – 21 főt még keresnek. Online: <https://hirado.hu/belfold/kekfeny/cikk/2019/05/30/hajobaleset-a-dunan-meg-tart-a-mentes> Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Mundorff, Amy Z. (2012): Integrating forensic anthropology into Disaster Victim Identification. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 8 (2), 131–139. Online: <https://doi.org/10.1007/s12024-011-9275-0>

NATO STANDARD AMedP-3.1 MILITARY FORENSIC DENTAL IDENTIFICATION 2020

NATO STANDARD AMedP-7.1 MEDICAL MANAGEMENT OF CBRN CASUALTIES 2018

NÉBIH (2025): Ragadós száj- és körömfájás. Online: <https://portal.nebih.gov.hu/rszkef> Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ (é.n.): Fertőző betegségek heti adatai. Online: <https://www.nnk.gov.hu/index.php/jarvanyugy/fertozo-betegsegek-heti-adatai.html> Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Nemzeti Népegészségügyi Központ (2020): Halottakkal kapcsolatos rendelkezések. Budapest, 2020. március 23.

Nemzeti Népegészségügyi Központ Járványügyi és Infekciókontroll Főosztály (é. n.): Bejelentett fertőző megbetegedések. Magyarország, 2016–2020. Online: www.antsz.hu/data/cms100089/OSAP_Fertozo_2020_honlapra.pdf Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Nigam, Ritwik et al. (2021): Positive Effects of Covid-19 Lockdown on Air Quality of Industrial Cities (Ankleshwar and Vapi) of Western India. *Scientific Reports*, 11, 4285. Online: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83393-9>

Nolte, Kurt B. et al. (2020): Design and Construction of a Biosafety Level 3 Autopsy Laboratory. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 145 (4), 407–414. Online: <https://doi.org/10.5858/arpa.2020-0644-SA>

Occupational Safety and Health Administration (2022): What are Toxic Industrial Chemicals? Online: <https://www.osha.com/blog/toxic-industrial-chemicals> Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Ogando, Natacha S. et al. (2020): SARS-coronavirus-2 replication in Vero E6 cells: replication kinetics, rapid adaptation and cytopathology. *The Journal of General Virology*, 101 (9), 925–940. Online: <https://doi.org/10.1099/jgv.0.001453>

Oran, Daniel P., & Topol, Eric. J. (2020): Prevalence of Asymptomatic SARS-CoV-2 Infection: A Narrative Review. *Annals of Internal Medicine*, 173 (5), 362–367. Online: <https://doi.org/10.7326/M20-3012>

Oreshkova, Nadia et al. (2020): SARS-CoV-2 infection in farmed minks, the Netherlands, April and May 2020. *Euro surveillance : bulletin Europeen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin*, 25 (23), 2001005. Online: <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.23.2001005>

Ouvry (2025): CBRN body bag. Online: <https://ouvry.com/en/produit/cbrn-body-bag/> Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Padányi József – Halász László – Földi László (2013): Harcjárművek ABVR védelmének javítása a klímaváltozás kihívására adott válaszként. *Haditechnika*, 47 (3), 21–26.

Petrétei Dávid (2015): Ujjnyomok rögzítése emberi bőrről. *Belügyi Szemle*, 63 (11), 163-179. Online: <https://doi.org/10.38146/BSZ.2015.11.11>

Petrétei Dávid (2018): Daktiloszkópiai nyomatok rögzítése élő személyekről és holttestekről. *Magyar Bűnüldöző*, 9 (2), 9-19.

Petrovic, Natasa et al. (2024): Determining the Identity of Corpses Using Fingerprints: Results from Practice and Analysis of Process Used in the Republic of Serbia. *Perspectives in Legal and Forensic Sciences*, 1 (1), 10003. Online: <https://doi.org/10.35534/plfs.2024.10003>

Pittayapat, Pisha et al. (2012): Forensic odontology in the disaster victim identification process. *The Journal of Forensic Odonto-Stomatology*, 30 (1), 1–12.

Poulson, Rebecca et al. (2016): Environmental Stability of Swine and Human Pandemic Influenza Viruses in Water under Variable Conditions of Temperature, Salinity, and pH. *Applied and Environmental Microbiology*, 82 (13), 3721–3726. Online: <https://doi.org/10.1128/AEM.00133-16>

Prince, Tessa et al. (2021): SARS-CoV-2 Infections in Animals: Reservoirs for Reverse Zoonosis and Models for Study. *Viruses*, 13 (3), 494. Online: <https://doi.org/10.3390/v13030494>

Rahal, Rosemar Macedo Sousa et al. (2019): Trends in the Incidence of Breast Cancer Following the Radiological Accident in Goiânia: A 5-Year Analysis. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 20 (12), 3811–3816. Online: <https://doi.org/10.31557/APJCP.2019.20.12.3811>

Sah, Pratha et al. (2021): Asymptomatic SARS-CoV-2 infection: A systematic review and meta-analysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118 (34), e2109229118. Online: <https://doi.org/10.1073/pnas.2109229118>.

Saunders-Hastings, Patrick R. – Krewski, Daniel (2016): Reviewing the History of Pandemic Influenza: Understanding Patterns of Emergence and Transmission. *Pathogens*, 5 (4), 66. Online: <https://doi.org/10.3390/pathogens5040066>

Scalera, Nikole –Mossad, Sherif (2009): The First Pandemic of the 21st Century: A Review of the 2009 Pandemic Variant Influenza a (H1N1) Virus. *Postgraduate Medicine*, 121 (5), 43–47. Online: <https://doi.org/10.3810/pgm.2009.09.2051>

Scavone, Cristina et al. (2022): Therapeutic strategies to fight COVID-19: Which is the status artis? *British Journal of Pharmacology*, 179 (10), 2128–2148. Online: <https://doi.org/10.1111/bph.15452>

Schröder, Imke (2020): COVID-19: A Risk Assessment Perspective. *ACS Chemical Health & Safety*, 27 (3), 160-169. Online: DOI: 10.1021/acs.chas.0c00035

Schuit, Michael et al. (2021): The Stability of an Isolate of the SARS-CoV-2 B.1.1.7 Lineage in Aerosols Is Similar to 3 Earlier Isolates. *The Journal of Infectious Diseases*, 224 (10), 1641–1648. Online: <https://doi.org/10.1093/infdis/jiab171>

SeyedAlinaghi, SeyedAhmad et al. (2021): Characterization of SARS-CoV-2 different variants and related morbidity and mortality: a systematic review. *European Journal of Medical Research*, 26 (1), 51. Online: <https://doi.org/10.1186/s40001-021-00524-8>

Sooryanarain, Harini –Elankumaran, Subbiah (2015): Environmental Role in Influenza Virus Outbreaks. *Annual Review of Animal Biosciences*, 3, 347–373. Online: <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022114-111017>

Sriramachari, S. (2004): The Bhopal Gas Tragedy: An Environmental Disaster. *Current Science*, 86 (7), 905–920. Online: www.jstor.org/stable/24109273

Srisinghasongkram, Jetniphit et al. (2022): Development of craniofacial superimposition: A review. *International Journal of Morphology*, 40 (6), 1552-1559. Online: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022022000601552>.

Steinhauser, Georg –Brandl, Alexander –Johnson, Thomas E. (2014): Comparison of the Chernobyl and Fukushima Nuclear Accidents: A Review of the Environmental Impacts. *Science of The Total Environment*, 470–471, 800–817. Online: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.029>

Stratilo, Chad W. – Crichton, Melissa K. F. – Sawyer, Thomas W. (2015): Decontamination Efficacy and Skin Toxicity of Two Decontaminants against *Bacillus anthracis*. *PLOS ONE*, 10 (9), e0138491. Online: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138491>

Streit, B. (1992): Bioaccumulation Processes in Ecosystems. *Experientia*, 48 (10), 955– 970. Online: <https://doi.org/10.1007/BF01919142>

Szabó Sándor (2017): Az új generációs mentesítő rendszerek hatása a hazai ABV mentesítő képesség átalakítására. PhD- disszertáció. Nemzeti Közzolgálati Egyetem Hadtudományi Doktori Iskola

Ta, Lisa – Gosa, Laura – Nathanson, David A. (2019): Biosafety and Biohazards: Understanding Biosafety Levels and Meeting Safety Requirements of a Biobank. *Methods in Molecular Biology* (Clifton, N.J.), 1897, 213–225. Online: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8935-5_19

The International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (2020): IFRC Roadmap TECHNOLOGICAL & BIOLOGICAL HAZARD PREPAREDNESS. Online: <https://www.ifrc.org/document/technological-and-biological-hazard-preparedness-roadmap>
Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Tóth András – Muhoray Árpád – Pellérdi Rezső (2019): Magyarország jelentősebb ipari katasztrófái a veszélyhelyzet-tervezés és -kezelés szempontjából. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29 (2), 21–39. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/207/109>

Trimpert, Jakob et al. (2021): Live attenuated virus vaccine protects against SARS-CoV-2 variants of concern B.1.1.7 (Alpha) and B.1.351 (Beta). *Science Advances*, 7 (49), eabk0172. Online: <https://doi.org/10.1126/sciadv.abk0172>

UNSCEAR 2008 (2010): Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. New York: United Nations.

Vágföldi Zoltán (2011): A vörösiszap katasztrófa környezeti hatásai, kárelhárítási folyamata, alkalmazott módszerei. *Hadmérnök*, 6 (1), 261-275. Online: http://hadmernok.hu/2011_1_vagfoldi.php

Valencak, Teresa G., et al. (2021): Animal reservoirs of SARS-CoV-2: calculable COVID-19 risk for older adults from animal to human transmission. *GeroScience*, 43 (5), 2305–2320. <https://doi.org/10.1007/s11357-021-00444-9>

Vallis, Jacquie (2017): Chapter 5 - The Role of Radiography in Disaster Victim Identification. In: Errickson, David – Thompson, Tim (Szerk.): *Human Remains: Another Dimension*, Academic Press, 57-69. Online: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804602-9.00006-0>.

van Doremalen, Neeltje et al. (2020): Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *The New England Journal of Medicine*, 382 (16), 1564–1567. Online: <https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973>

Varma, Daya R. – Shree Mulay (2015): Methyl Isocyanate: The Bhopal Gas. In Ramesh C. Gupta (szerk.): *Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents (Second Edition)*. Boston: Academic Press, 287–299. Online: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800159-2.00022-1>

Varma, Roli – Varma, Daya (2005): The Bhopal Disaster of 1984. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 25 (1), 37–45. Online: <https://doi.org/10.1177/0270467604273822>

Vass Gyula – Kátai-Urbán Lajos (2023): Veszélyes üzemek és szállítmányok biztonsága Magyarországon. *Védelem Tudomány*, 4 (1), 45-82. Online: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/13303>

Vitiello, Laura et al. (2022): Preventive Measures against Pandemics from the Beginning of Civilization to Nowadays—How Everything Has Remained the Same over the Millennia. *Journal of Clinical Medicine*, 11, 1960. Online: <https://doi.org/10.3390/jcm11071960>

Wang, Ying et al. (2021): Scalable live-attenuated SARS-CoV-2 vaccine candidate demonstrates preclinical safety and efficacy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118 (29), e2102775118. Online: <https://doi.org/10.1073/pnas.2102775118>

Whittaker D. K. (1995): Forensic dentistry in the identification of victims and assailants. *Journal of Clinical Forensic Medicine*, 2 (3), 145–151. Online: [https://doi.org/10.1016/1353-1131\(95\)90083-7](https://doi.org/10.1016/1353-1131(95)90083-7)

Wilkinson, Caroline – Lofthouse, Amy (2015): The use of craniofacial superimposition for disaster victim identification. *Forensic Science International*, 252, 187.e1-187.e6 Online: <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.03.023>

World Health Organisation (2005): Chernobyl: The True Scale of the Accident. Online: www.who.int/news/item/05-09-2005-chernobyl-the-true-scale-of-the-accident Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

World Health Organization (2010): Influenza A (H1N1) virus - Global Online: [https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/influenza-a-\(h1n1\)-virus---global](https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/influenza-a-(h1n1)-virus---global) Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

World Health Organization (2020): COVID-19 Denmark. Online: <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2020-DON301> Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

World Health Organization (2025): Number of COVID-19 deaths reported to WHO (cumulative total). Online: <https://data.who.int/dashboards/covid19/deaths?n=o> Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

Writing Committee of the WHO Consultation on Clinical Aspects of Pandemic (H1N1) 2009 Influenza (2010): Clinical Aspects of Pandemic 2009 Influenza A (H1N1) Virus Infection. *New England Journal of Medicine*, 362 (18), 1708-19. Online: doi: 10.1056/NEJMra1000449.

Wurtz, Nathalie et al. (2021): Culture of SARS-CoV-2 in a panel of laboratory cell lines, permissivity, and differences in growth profile. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 40 (3), 477–484. Online: <https://doi.org/10.1007/s10096-020-04106-0>

Yen, Hui-Ling et al. (2022): Transmission of SARS-CoV-2 (Variant Delta) from Pet Hamsters to Humans and Onward Human Propagation of the Adapted Strain: A Case Study. *The Lancet*, 399 (10329), 1070-1078. Online: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)00326-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)00326-9).

Jogszabályok jegyzéke

Magyarország Alaptörvénye (2011. április 25.)

1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról

1997. évi CIV. törvény a vegyifegyverek kifejlesztésének, gyártásának, felhalmozásának és használatának tilalmáról, valamint megsemmisítéséről szóló, Párizsban, 1993. január 13-án aláírt egyezmény kihirdetéséről

1997. évi CLIV. törvény az egészségügyről

1999. évi XLIII. törvény a temetőkről és a temetkezésről

2000. évi XXV. törvény a kémiai biztonságról

2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról

18/1998. (VI. 3.) NM rendelet a fertőző betegségek és a járványok megelőzése érdekében szükséges járványügyi intézkedésekről

18/1998. (XII. 27.) EüM rendelet az egészségügyről szóló 1997. évi CLIV. törvénynek a szerv- és szövetátültetésre, valamint -tárolásra és egyes kórszövettani vizsgálatokra vonatkozó rendelkezései végrehajtásáról

61/1999. (XII. 1.) EüM rendelet a biológiai tényezők hatásának kitett munkavállalók egészségének védelméről

145/1999. (X. 1.) Korm. rendelet a temetőkről és a temetkezésről szóló 1999. évi XLIII. törvény végrehajtásáról

60/2003. (X. 20.) ESzCsM rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtásához szükséges szakmai minimumfeltételekről

18/2008. (XII. 3.) SZMM rendelet az egyéni védőeszközök követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról

351/2013. (X. 4.) Korm. rendelet a halottvizsgálatról és a halottakkal kapcsolatos eljárásról

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

A témakörből készült publikációim

Farid Ajang – Farkas Csaba Bence – Petrétai Dávid (2023): DVI 2022 - Az áldozatazonosító eljárás fejlődése az első hazai bevetés óta. Védelem Tudomány, 7 (3), 204-214.

Farkas Csaba Bence (2021): Post mortem vizsgálati eljárások gyakorlati kihívásai biológiai vészhelyzetben. In: Gaál Gyula – Hautzinger Zoltán (szerk.): Rendészet a rendkívüli helyzetekben: húsz éves a Szent László napi konferencia. Pécs: Magyar Hadtudományi Társaság Határőr Szakosztály Pécsi Szakcsoport, 339-344.

Farkas Csaba Bence (2022): A vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris (CBRN-) balesetek és rendkívüli események közvetlen és közvetett, a környezetre, valamint az egészségügyre gyakorolt hatásai. Hadmérnök, 17 (1), 67–82. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2022.1.5>

Farkas Csaba Bence (2022): Áldozatazonosítás és elhunytkézelés radionukleáris eseményekben. In: A Magyar Igazságügyi Orvosok Társasága XVII. Kongresszusa: Program. Szeged: 22-23.

Farkas Csaba Bence (2022): Complex Decedent Management Procedures in the COVID-19 Pandemic: Experiences from a Military Hospital's Department of Pathology. In: 44th ICMM World Congress Abstract Book. Brussels: Panel 293, 1-2.

Farkas Csaba Bence (2022): Egyéni védőfelszerelés, valamint az infrastrukturális elemek biztosította légzésvédelem lehetőségei a patológiai munkavégzésben. Hadmérnök, 17 (2), 217-230. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2022.2.15>

Farkas Csaba Bence (2023): Post mortem vizsgálati eljárások helye és szerepe vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris katasztrófákban. In: Göcze István – Padányi József (Szerk.): Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában. Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó, 43-53.

Farkas Csaba Bence et al. (2020): Elhunytakkal kapcsolatos teendők COVID–19-gyanús, valószínűsített és megerősített esetekben. Orvosi Hetilap 161 (17), 713-722. Online: <https://doi.org/10.1556/650.2020.31818>

Farkas, Csaba Bence (2024): Vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris események áldozatainak kezelése a biztonság tükrében. *Scientia et Securitas*, 5 (2), 170-176. Online: <https://doi.org/10.1556/112.2024.00195>

Farkas, Csaba Bence et al. (2023): Analysis of the Virus SARS-CoV-2 as a Potential Bioweapon in Light of International Literature. *Military Medicine*, 188 (3-4), 531–540. Online: <https://doi.org/10.1093/milmed/usac123>

Mellékletek

Rövidítések jegyzéke

ACH: air changes per hour avagy óránkénti teljes légcserék

AM: ante mortem, avagy halál előtti

AMedP: Allied Medical Publication avagy Szövetséges Egészségügyi Publikáció

ARDS: acute respiratory distress syndrome avagy akut légzési distressz szindróma

BRAT: Bioweapon Risk Assessment Tool avagy biológiai fegyver kockázatértékelési eszköz

BSC: biosafety cabinet avagy biológiai biztonsági fülke

BSL: Biosafety Level avagy biológiai biztonsági szint

CBRN: chemical, biological and radiological, nuclear avagy vegyi, biológiai, illetve radio-nukleáris

CDC: Centers for Disease Control and Prevention (USA) avagy Amerikai Egyesült Államok Járványügyi és Betegségmegelőzési Központja

COVID-19: Coronavirus Disease 2019 avagy koronavírus-betegség 2019

CT: Computer Tomography avagy komputertomográfia

DNS: deoxiribonukleinsav

DVI: Disaster Victim Identification avagy katasztrófák áldozatának azonosítása

ECMO: Extra-Corporeal Membrane Oxygenation avagy extrakorporális membrán oxigenizáció

EK: Európai Közösség

ÉPC-HK: Észak-Pesti Centrumkórház – Honvédkórház

ESzCSM: Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztérium

FFP: Filtering Facepiece avagy szűrővel ellátott arcvédő

HA: hemagglutinin

HazMat: Hazardous Material avagy veszélyes anyag

HCN: hidrogén-cianid

HE: hematoxin és eozin

HEPA: High-Efficiency Particulate Air avagy magas hatékonyságú részecskeszűrés

ID50: infektív dózis 50

Interpol: International Criminal Police Organization avagy Bűnügyi Rendőrség Nemzetközi Szervezete

MAL Zrt.: Magyar Alumínium Termelő és Kereskedelmi zártkörűen működő részvénytársaság

MERS-CoV: Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus avagy Közel-Keleti légúti koronavírus

MH EK: Magyar Honvédség Egészségügyi Központ

MIC: metil-izocianát

MOF: Metal-Organic Framework avagy fém-organikus váz

MRI: Magnetic Resonance Imaging avagy mágneses rezonancia képalkotás

NA: neuraminidáz

NATO: North Atlantic Treaty Organisation avagy Észak-atlanti Szerződés Szervezete

NM: Népjóléti Minisztérium

NNGYK: Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ

OAH: Országos Atomenergia Hivatal

OSHA: Occupational Safety and Health Administration avagy Munkahelyi Biztonsági és Egészségügyi Hatóság

PAPR: Powered Air-Purifying Respirator avagy motoros rásegítéssel működő légzésvédők

PCR: Polymerase Chain Reaction avagy polimeráz láncreakció

PM: post mortem avagy halál utáni

PPE: Personal Protective Equipment avagy egyéni védőfelszerelés

RFLP: Restriction Fragment Length Polymorphism avagy restrikciós fragment hossz polimorfizmus

SARS: Severe Acute Respiratory Syndrome avagy súlyos akut légzőszervi szindróma

SARS-CoV-1: Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 1 avagy súlyos akut légzőszervi szindróma-koronavírus 1

SARS-CoV-2: Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 avagy súlyos akut légzőszervi szindróma-koronavírus 2

SCBA: Self-Contained Breathing Apparatus avagy sűrített levegős légzőkészülék

STR: Short Tandem Repeat avagy rövid tandem ismétlődés

SZMM: Szociális és Munkaügyi Minisztérium

TIC: Toxic Industrial Chemicals avagy toxikus ipari vegyi anyagok

TIL: Total Inward Leakage avagy teljes alászívási tényező

UCIL: Union Carbide India Limited

UV: Ultraviolet avagy ultraibolya

WHO: World Health Organization avagy Egészségügyi Világszervezet

Ábrák jegyzéke

1. sz. ábra: A DVI folyamata (saját szerkesztésű ábra)

2. sz. ábra: A Vöröskereszt munkatársai bemutatót tartanak az 1918-as influenza pandémia idején Washingtonban

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1918_flu_outbreak_RedCrossLitterCarriersSpanishFluWashingtonDC.jpg) Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

3. sz. ábra: a csernobili atomerőmű robbanást szenvedett 4-es blokkja (<https://www.publicdomainpictures.net/en/view-image.php?image=211657&picture=pripyat-chernobyl>) Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

4. sz. ábra: elhagyott vidámpark dodzsempályája Pripjaty városában (<https://www.publicdomainpictures.net/en/view-image.php?image=211656&picture=pripyat-chernobyl>) Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

5. sz. ábra: CBRN tetemzsák az Ouvre cég kínálatából (<https://ouvre.com/wp-content/uploads/2024/05/sac-mortuaire-nrbc-1-min.png>) Letöltés ideje: 2025. 06. 10.

6. sz. ábra: A 2020-as bonctermi gyakorlat során alkalmazott védőfelszerelések (saját szerkesztésű ábra)

7. sz. ábra: Bal oldalon a külső megfigyelő által rögzített kép, jobb oldalon a kámzsa alatt felvételt készítő kamera képe néhány pillanattal később (Héder Katalin és a szerző felvétele)

8. sz. ábra: A fröccsenéssel (kék), kenődéssel (zöld) és lecsöppenéssel (sárga) létrejövő szennyeződési mintázatok (Dr. Babinszky Gergely felvételei)

9. sz. ábra: Ujjnyomatolás és szervfelvágás a gyakorlat alatt (Dr. Babinszky Gergely felvételei)

10. sz. ábra: 60 éves elhunyt tapintással oedemás (tészta) jellegű, metszlapon élénk szederjesvörös állományú tüdője. (A nyíl a szintén élénk szederjesvörösre elszíneződött hörgőkre mutat. Saját felvétel)

11. sz. ábra: Diffúz alveoláris károsodás, exsudatív fázis; a nyilak a fázis diagnózisában meghatározó hyalin-membránt jelölik. (Trichrome festés, 400x, saját felvétel)

12. sz. ábra: 36 éves ECMO-kezelésben részesült elhunyt kiterjedt bevérzésekkel, mállékony, szakadékos állománnyal jellemezhető tüdője. (A nyíl struktúráját elvesztett tüdőrészelre mutat, melyről a véralvadék már eltávolításra került. Saját felvétel)

13. sz. ábra: Diffúz alveoláris károsodás, organizáló fázis. (A tüdő alapstruktúrája kiterjedten károsodott, megsemmisült, csupán „árnyék” szinten felismerhető, a nyilakkal jelölt erek relatív megkíméltsége mellett; Trichrome festés, 40x, saját felvétel)

14. sz. ábra: Az átlagos és maximális pulzusszám különbsége az idő függvényében. (Az Y tengelyen a Δ pulzus, az X tengelyen az idő percekben került feltüntetésre. Az ábrát készítette Dr. Szabó Gergő, felhasználva a szerző engedélyével)

15. sz. ábra: A folyadékvesztés a testtömeg ezrelékében kifejezve az idő függvényében. (Az Y tengelyen a testtömeg ezrelékek értékei, vesztés miatt negatív előjellel, az X tengelyen az idő percekben került feltüntetésre. Az ábrát készítette Dr. Szabó Gergő, felhasználva a szerző engedélyével)

16. sz. ábra: Ruházat dokumentációja 93M védőfelszerelésben

17. sz. ábra: Ujjnyomat levételéhez előkészület teljesálcot és PAPR-t tartalmazó szettben

18. sz. ábra: A tetem dekontaminálásának lépése (saját szerkesztésű ábra)

19. sz. ábra: 19. sz. ábra: Szkennelt natív ujjnyom (bal oldalon, L11 I), szkennelt ujjnyom 10% hypoval történt mentesítés után (középen, L11 I), porozásos módszerrel vett ujjnyomat (jobb oldalon, L11 I); (Dr. Petrétai Dávid felvételei)

20. sz. ábra: Sárgás elszíneződés 10%-os hypoval folytatott mentesítés után (saját felvétel)

21. sz. ábra: L11 III natív kontroll (bal oldalon) és L11 II mentesített minta (jobb oldalon); (HE festés 100x, saját felvétel)

Táblázatok jegyzéke

1. sz. táblázat: Vegyi katasztrófák lehetséges formái. (A potenciális áldozatok számánál feltüntetett felső érték tájékoztató jellegű, elsősorban a mechanizmusok közti súlyozást szolgálja; saját szerkesztésű táblázat)

2. sz. táblázat: Biológiai események lehetséges formái (saját szerkesztésű táblázat)

3. sz. táblázat: CDC „A” kategóriájú biológiai fegyvernek minősülő fertőző betegségek előfordulása Magyarországon; a csillaggal jelöltek importált esetek. (A táblázatban szereplő

adatok a Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, továbbá a Centers for Disease Control and Prevention vonatkozó anyagaiból, valamint Dr. Faludi Gábor Ph.D. értekezésében foglaltak alapján kerültek összeállításra; saját szerkesztésű táblázat)

4. sz. táblázat: Radiológiai és nukleáris események lehetséges formái (saját szerkesztésű táblázat)

5. sz. táblázat: Igazságügyi orvostan minimumfeltételei, amennyiben a boncolás helyén szövettani feldolgozás nem történik

6. sz. táblázat: Igazságügyi orvostan minimumfeltételei a szövettani vizsgálat helyén

7. sz. táblázat: Igazságügyi toxikológia minimumfeltételei

8. sz. táblázat: Boncolás minimumfeltételei a patológia és kórszövettan diszciplína vonatkozásában

9. sz. táblázat: A tréning során rögzített időintervallumok. (A táblázat jelölései: p: perc; mp: másodperc; (3): három ujjlenyomat rögzítése; (5+T): öt ujjlenyomat és tenyérynnyomatok rögzítése; *: a tetem teljes helyreállításához kb. 10-15 perc többletidő szükséges; saját szerkesztésű táblázat)

10. sz. táblázat: A post mortem antigén gyorseszteszt valamint PCR eredmények a szelektált boncolási esetekben. (Megjegyzendő, hogy a 6-os esetben a pozitív eredmények keresztkontamináció révén jöhettek létre, mivel kommunikációs hiba miatt nem in situ történt a mintavétel, hanem már eltávolított szervekből. Az eset azonban tanulságos volt, mivel igazolhatóvá vált, hogy az szerveltávolítás már önmagában elégséges a minták kontaminációjához. Saját szerkesztésű táblázat)

11. sz. táblázat: az MH EK Patológiai és Kórszövettani Diagnosztikai Osztályán kezelt elhunytak, boncoltak és a teljes halottszám alakulása 2020. októbere és 2022. márciusa között (saját szerkesztésű táblázat)

12. sz. táblázat: Az eredeti BRAT kritériumrendszer, a SARS-CoV-2 vírus pontszámaival (saját szerkesztésű táblázat)

13. sz. táblázat: A tesztelt PPE készletek elemei (saját szerkesztésű táblázat)

14. sz. táblázat: Post mortem munkafolyamatok átlagos időigénye, az időeredmények mediánja, minimális és maximális értéke, valamint szórása, percekben kifejezve (minden másodperc jelölést tartalmazó alapadatot felfele kerekítettük percre; saját szerkesztésű táblázat)

15. sz. táblázat: A kérdőíves visszajelzés Likert-skálán adott átlagos értékelései. (Az első négy sorban a magasabb érték, míg az ötödik sorban az alacsonyabb érték a kedvezőbb; saját szerkesztésű táblázat)

16. sz. táblázat: A védőfelszerelés szettek rangsora kényelem szempontjából. (A helyezéseknél feltüntetett számok darabszámra vonatkoznak, azaz ennyien jelölték az adott helyezésre a szettet; saját szerkesztésű táblázat)

17. sz. táblázat: A védőfelszerelés szettek rangsora biztonság szempontjából. (A helyezéseknél feltüntetett számok darabszámra vonatkoznak, azaz ennyien jelölték az adott helyezésre a szettet. A válaszadók közül 1 fő azt jelezte vissza, hogy egyik szettet sem érezte biztonságosnak. Saját szerkesztésű táblázat)

18. sz. táblázat: A védőfelszerelés szettek rangsora hatékony munkavégzés szempontjából. (A helyezéseknél feltüntetett számok darabszámra vonatkoznak, azaz ennyien jelölték az adott helyezésre a szettet; saját szerkesztésű táblázat)

19. sz. táblázat: 19. sz. táblázat: A vizsgált specimennek jellemzői, illetve a felhasznált mentesítő szerek. (Az „L”, „U” jelölések sorrendben az alsó [*lower*] és felső [*upper*] végtagokra vonatkoznak; a római számmal megjelölt ujjak sorrendje a következő: I: hüvelykujj, II: mutatóujj, III: középső ujj, IV: gyűrűsujj, V: kisujj; lábujjak esetében a jelölt sorrendiség logikája ugyanez. Saját szerkesztésű táblázat)

20. sz. táblázat: A kiválasztott mentesítőszer tulajdonságai. (Az Incidin Extra N [<https://en-pl.ecolab.com/offerings/aldehyde-free-concentrated-cleaners-and-disinfectants/incidin-extra-n>] és Bradolin [<https://www.bradochem.hu/termek/bradolin-alkoholos-feluletfertotlenito-szer-500ml-spray-500ml-aeroszol-1l-5l/>] hatásspektrumára vonatkozó információk a gyártó adatai. A további felsorolt mentesítőszerre vonatkozó információk korábbi publikációk eredményeiből származnak. Saját szerkesztésű táblázat)