

**NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA**

Dr. Hernád Mária orvos százados

**A robbanás és a robbanóanyagok emberi
szervezetre gyakorolt hatásai és megelőzésének
lehetőségei**

Doktori (PhD) Értekezés

Témavezető: Dr. habil. Kóródi Gyula PhD

tűzoltó orvos alezredes

egyetemi docens

BUDAPEST, 2013

TARTALOMJEGYZÉK

| | |
|--|----|
| BEVEZETÉS | 4 |
| A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA | 4 |
| KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK | 6 |
| KUTATÁSI HIPOTÉZISEK MEGFOGALMAZÁSA | 7 |
| KUTATÁSI MÓDSZEREK | 8 |
| VÁRHATÓ EREDMÉNYEK, AZOK FELHASZNÁLHATÓSÁGA | 10 |
| I. FEJEZET | |
| A ROBBANTÁSTECHNIKA MUNKAEGÉSZSÉGÜGYI VONATKOZÁSAI..... | 11 |
| I.1. A ROBBANTÁSTECHNIKA ALKALMAZÁSI TERÜLETEI | 11 |
| I.1.1. Katonai és rendvédelmi robbantások | 11 |
| I.1.2. Ipari robbantások | 14 |
| I.1.3. Bűnös célú robbantások | 19 |
| I.2. A MUNKAHELYI EGÉSZSÉGVÉDELEM ALAPJAI | 21 |
| I.2.1. A munkaegészségügy fogalma | 21 |
| I.2.2. A munkahelyi egészségvédelem | 24 |
| I.2.3. Kockázatértékelés és kockázatkezelés | 26 |
| I.2.4. Egyéni és katonai védőeszközök..... | 30 |
| I.3. MUNKAEGÉSZSÉGÜGYI SZEMPONTOK A ROBBANTÁSTECHNIKÁBAN | 32 |
| I.3.1. Kockázatok azonosítása a robbantási tevékenység kapcsán | 33 |
| I.3.2. Robbantási tevékenységet végző személy alkalmassági követelményei | 35 |
| KÖVETKEZTETÉSEK | 39 |
| II. FEJEZET | |
| A ROBBANÓANYAGOK OKOZTA EGÉSZSÉGGÁROSÍTÓ KOCKÁZATOK ÉS PREVENCIÓJUK | 40 |
| II.1. A ROBBANÓANYAGOK FOGALMA, CSOPORTOSÍTÁSA | 41 |
| II.1.1. Robbanóanyagok és robbanásra képes anyagok..... | 41 |
| II.1.2. Legfontosabb robbanóanyagok csoportosítása felhasználás szerint..... | 42 |
| II.1.3. A robbanásra képes anyagok csoportosítása kémiai összetételük alapján..... | 42 |
| II.1.4. A robbanóanyagok csoportosítása a komponensek száma szerint | 44 |
| II.2. A ROBBANÓANYAGOK TOXIKOLÓGIAI JELLEMZŐI..... | 45 |
| II.2.1. Trinitrotoluol (CAS: 118-96-7) | 45 |
| II.2.2. Hexogén (CAS: 121-82-4) | 50 |
| II.2.3. Nitropenta (CAS: 78-11-5) | 54 |
| II.2.4. Pikrinsav (CAS: 88-89-1) | 55 |
| II.2.5. Tetril (CAS: 479-45-8) | 57 |
| II.2.6. Nitroglicerín (CAS: 55-63-0) | 60 |
| II.2.7. Nitro-glikol (CAS: 628-96-6) | 63 |
| II.2.8. Ammónium-nitrát (CAS: 6484-52-2) | 64 |
| II.3. A ROBBANÓANYAGOK ALKALMAZÁSÁNAK MUNKAEGÉSZSÉGÜGYI VONATKOZÁSAI | 66 |

| | |
|---|-----|
| II.3.1. Kémiai expozíció értékelése | 67 |
| II.3.2. Karcinogén hatás | 74 |
| II.3.3. Munkavállalók vizsgálati adatainak értékelése | 76 |
| II.3.4. Egyéni védőeszközök | 83 |
| II.3.5. Munkahigiénés szabályok..... | 90 |
| II.3.6. Munkahelyi elsősegélynyújtás..... | 94 |
| KÖVETKEZTETÉSEK | 95 |
| III. FEJEZET | |
| A ROBBANÁS SORÁN ELŐFORDULÓ EGÉSZSÉGGÁROSÍTÓ KOCKÁZATOK ÉS MEGELŐZÉSÜK | |
| III.1. ROBBANÁSOS SÉRÜLÉSEK KIALAKULÁSA ÉS AZ ÉLŐERŐ VÉDELME NEK LEHETŐSÉGEI.. | 96 |
| III.1.1. A robbanás során lejátszódó folyamatok | 96 |
| III.1.2. A robbanás hatásai az emberi szervezetre..... | 99 |
| III.1.3. Robbanásos sérülések jellegzetességei..... | 105 |
| III.1.4. Az élőerő védelme a robbanás fizikai hatásaival szemben | 121 |
| III.1.5. Katonai védőeszközök viselésének munkaegészségügyi vonatkozásai | 134 |
| III.2. AKUT AKUSZTIKUS TRAUMA ÉS DÖREJÁRTALOM..... | 141 |
| III.2.1. A halláskárosodás kialakulása..... | 141 |
| III.2.2. Impulzív zajok munkahigiénés értékelése..... | 147 |
| III.2.3. Mérési eredmények értékelése | 153 |
| III.2.4. Hallásvédelem a robbantástechnikában | 163 |
| III.3. ROBBANÁSI GÁZOK | 169 |
| III.3.1. A robbanás, mint kémiai reakció..... | 170 |
| III.3.2. A keletkező gázok mérgező hatása | 173 |
| III.3.3. A mérgező gázok terjedése, szellőztetési idő..... | 178 |
| III.3.4. Mérési módszerek, eredmények..... | 180 |
| III.3.5. Munkaegészségügyi vonatkozások | 190 |
| KÖVETKEZTETÉSEK | 194 |
| ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK | 197 |
| A KUTATÁSI TEVÉKENYSÉG ÖSSZEGZÉSE | 197 |
| ÖSSZEFOGLALÓ VÉGKÖVETKEZTETÉSEK | 204 |
| ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK | 205 |
| AJÁNLÁSOK | 206 |
| KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS..... | 206 |
| TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM | 207 |
| FELHASZNÁLT IRODALOM | 210 |
| 1. SZÁMÚ MELLÉKLET JAVASOLT KÉRDŐÍV ÉS VIZSGÁLATI LAP | 225 |

Mottó:

„A robbantó igazát mindig az elért eredmény bizonyítja. Számol, töltetet szerel és robbant. Ha a munkáját jól végezte, akkor sikeres volt. Ha nem, akkor – jó esetben – okulhat a hibáján. De a robbantási feladatokat békében is „élesben” hajtjuk végre. És a robbanóanyagot nem érdekli a diploma minősítése. „Öntörvényű” anyag. Ha betartod a szabályait, akkor a segítő társad. Ha nem, akkor büntet.” [1]

LUKÁCS LÁSZLÓ

BEVEZETÉS

A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

A robbanóanyagok és a robbantásos tevékenységek szerepe az emberiség történelmének, fejlődésének alakításában megkérdőjelezhetetlen. Ezek a hatások egyrészt pozitívak, amennyiben a közlekedés, az ipari fejlődés, összességében mindennapi életünk jobbá tételét szolgálták, szolgálják. Ugyanakkor történelmünk lapjait véres háborúk, rengeteg szenvedés, kioltott életek tíz és százmilliói szennyezik, és ebben szintén kiemelkedő szerep jut a robbanóanyagoknak és a robbantásos cselekményeknek, legyen az törvényes, a rend- és honvédelmi szervek által alkalmazott robbantási tevékenység, vagy bűnös célú, amelyet akár vallási, akár ideológiai, akár haszonszerzési célból követnek el. [2]

A munkakörnyezet 1–3 nagyságrenddel veszélyesebb, mint a mindennapi környezetünk. Magából a munkavégzésből vagy az ott jelenlévő kóroki tényezőkből olyan egészségkárosodások származhatnak, amelyek a társadalom többi tagjának körében nem fordulnak elő. Ugyanakkor a munkakörnyezetben jelenlévő egészségkárosító kockázatok számos megbetegedés kialakulására, lefolyására, kiújulására kedvezőtlen hatást gyakorolhatnak. A munkakörülmények káros hatásai a foglalkozási és foglalkozással összefüggő megbetegedéseken túl az összes betegségek 5–20%–áért is felelőssé tehetőek. Ennek háttérében bizonyítottan a benne előforduló több mint 100000 féle vegyi anyag, 50 féle fizikai, több mint 200 féle biológiai, 20 ergonómiai és ismeretlen számú pszichoszociális kóroki tényező, illetve a nem optimális igénybevétel okozta egészségkárosodás áll. [3]

A különböző munkakörnyezeteken belül a robbanásveszélyes tevékenység, a robbantási helyszín és a robbantási munkafolyamat a kiemelten balesetveszélyes és egészségkárosító kategóriába tartozik mind a katonai, mind az ipari területen. A mai modern professzionális haderőben a kiképzett katona értéke jelentősen megnőtt, a hivatásos és szerződéses állomány, mint munkavállaló jelenik meg. Jogos társadalmi elvárás, hogy

ugyanolyan magas elvárásokat támasszunk a katonai munkakörnyezettel és munkavégzéssel kapcsolatban, mint az ipari munkahelyeken. A robbantási tevékenység kapcsán számos kóroki tényező érheti a szervezetet, a különböző baleseti és egészségkárosító kockázatok csökkentése, eltűrhető szinten tartása a munkavédelem és a munkahigiéné alapvető célja, a fenntartható fejlődés egyik alappillére.

A terrorizmus az utóbbi években reális veszéllyé vált, a terrorrobbantás már nem papírsárkány többé. Magyarország NATO¹ csatlakozását követően, nemzetközi szerepvállalásai során célpontja a terroristáknak, akik legtöbbször robbantásos merényletekkel akarják céljaikat elérni. Az improvizált robbanótestek elleni harc egyik fontos területe a felderítés és megsemmisítés lehetőségeinek folyamatos fejlesztése, új típusú eszközök kidolgozása, az élő erő védelme. A világ hadseregei és fegyvergyártó cégei versenyben állnak a terroristák által alkalmazott egyre fejlettebb módszerekkel. [2]

Szintén jelentős feladat az elmúlt háborúk örökségével szembenézni, a sérült, fel nem robbant robbanótestek a mai napig nagy mennyiségben kerülnek elő játszóterek alól, házak tetőszerkezetéből, építkezéseken, szántóföldeken. A Magyar Honvédség tüzszerészei évente több százezer eszközt hatástalanítanak és semmisítenek meg a lakosság és az ország védelmében.

A robbanásos sérülések megelőzését minden hadsereg és rendvédelmi szerv elsődleges feladatként kezeli. Az eljárási módszerekben, a kollektív, valamint az egyéni védőeszközökben hatalmas a fejlődés.

Hét éve teljesítek szolgálatot a MH 1. Honvéd Tüzszerész és Hadihajós Ezred Egészségügyi Központjában, 2007. november óta foglalkozás–orvostan szakorvosként és 2012-től munkahigiénikusként végzem a feladatom. 2007-ben kezdtem el foglalkozni a robbanóanyagok, valamint a robbantás, mint munkafolyamat egészségkárosító hatásaival, a robbanásos sérülések jellegzetességeivel és megelőzésének lehetőségeivel. Tudományos kutatómunkámat 2007. november 1-én kezdtem és 2013. szeptember 30-án zártam le.

Dolgozatomban szeretném bemutatni az ipari és katonai robbantástechnika és a munkaegészségügy kapcsolatát, a robbantást végzőket, illetve az azt elszenvedő sérülteket érő kockázati tényezőket, és ezen kockázati tényezők csökkentését célzó lehetőségeket.

A magyar orvosi, katonai és robbantástechnikai szakirodalomban eddig ezt a problémát ilyen összefüggésben még nem vizsgálták. Hasonló téma idegen nyelvű cikkek

¹ NATO: North Atlantic Organisation (Észak Atlanti Szövetség).

fordítása révén jelent meg az irodalomban. A robbanásos sérülésekkel kapcsolatban Dr. Várhelyi Levente által írt publikációk és PhD értekezés sebészi megközelítésű, míg Dr. Békési Livia a katonai munkaegészségügygel általánosságban foglalkozik, és nem egy speciális szakterülettel, így remélem kutatásom eredményei hiánypótló jelentőséggel bírnak.

Az értekezésben szereplő orvosi kifejezéseket megpróbáltam a lehető legtöbb helyen magyarítani, magyarul megfogalmazni, vagy lábjegyzetben magyarázatot fűzni, értelmezni, mert eredményeim közlését reményeim szerint nemcsak az egészségügyi szakemberek, hanem a robbantó társadalom is nagy haszonnal forgatja majd.

KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

Kutatómunkám során az alábbi célokat tűztem ki:

- Hazai és külföldi szakirodalmi források alapján vizsgáljam és összefoglalom a nagyobb mennyiségben alkalmazott brizáns robbanóanyagok egészségkárosító hatásait.
- Meghatározom a robbanóanyagokkal való tevékenységek közben betartandó munkahigiénés szabályokat, melyekkel elkerülhetők a foglalkozási betegségek, mérgezések.
- Ajánlásokat fogalmazok meg robbanóanyagokkal végzett tevékenységek közben alkalmazandó egyéni védőeszközökre vonatkozólag.
- Összefoglalom a robbanási sérülések jellegzetességeit, a sérülések megelőzésére szolgáló védőruha védelmi képességeit, alkalmazásával kapcsolatban meghatározom annak feltételeit, munkahigiénés szabályait.
- Javaslatokat fogalmazok meg a robbanás okozta dőrejtartalom és akut akusztikus trauma megelőzésére.
- Meghatározom a különböző robbantási tevékenységek során a robbantást végző személyt érő mérgező gázokból származó expozíció mértékét.
- A robbanási gázok okozta egészségkárosodások elkerülése érdekében javaslatokat, ajánlásokat teszek.
- Kidolgozok egy útmutatót a robbanóanyagokkal és a robbantással kapcsolatos tevékenységek kockázatértékeléséhez, egyéni védőeszköz kiválasztásához és az alkalmassági vizsgálatok szabályozásához és elvégzéséhez, segítségül a munkavédelmi és munkaegészségügyi szakembereknek.

- Kidolgozzam azon munkahigiénés rendszabályokat, amelyeket a robbantási foglalkozásokon, tanfolyamokon a tananyagba javaslok betenni, valamint a későbbiekben kiadásra tervezett robbantási szabályzatokba bedolgozásra kerülhetnek.

Értekezésemben nem foglalkozom az igen kis mennyiségben alkalmazott iniciáló robbanóanyagokkal, a pirotechnikai termékekkel és a főleg a házi készítésű robbanótestekben alkalmazott alternatív robbanóanyagokkal.

A robbanásos sérülések területén a témakört a védőeszköz védelmi képességének és alkalmazásának munkaegészségügyi szempontjából elemeztem, mivel ez a szakterületem. A sebészeti ellátás szempontjából Dr. Várhelyi Levente PhD értekezésében már foglalkozott a szakterületének megfelelően a témakörrel, és számos esetet is bemutatott a hazai és a missziós tevékenysége alatt ellátott sérültekből.

A jelenleg forgalomban lévő legmodernebb robbanási sérülések megelőzését szolgáló katonai védőeszközt, az EOD-9 típusú bombaruhát elemeztem, mivel a Magyar Honvédség tűzszerészei ezt alkalmazzák az improvizált robbanóeszközök elleni tevékenység során.

Értekezésemben nem foglalkozom továbbá a felrobbantott tárgyból, épületből származó egészségkárosító anyagokkal, porokkal, aeroszolokkal, valamint az esetleges CBRN² ágensekkel sem, kizárólag a robbanóanyagokból származó mérgező gázokkal.

KUTATÁSI HIPOTÉZISEK MEGFOGALMAZÁSA

Az értekezés tudományos hipotéziseinek és célkitűzésének meghatározásához a Magyar Honvédség legtöbb robbanóanyagot felhasználó alakulatának csapatorvosaként végzett munkám során szerzett tapasztalatokból indultam ki.

- A hazai ipari és katonai robbantástechnikában nem kapnak megfelelő hangsúlyt a robbantás és a robbanóanyagokkal való tevékenységek munkaegészségügyi vonatkozásai sem az oktatás – kiképzés során, sem a tevékenységek végrehajtásakor.
- Az ipari robbantástechnika biztonsági rendszabályait tartalmazó Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat (a továbbiakban ÁRBSZ) és a Magyar Honvédségnél hatályos Mű/213 Robbantási Utasítás nem terjed ki a munkavállaló/katona egészségének védelmére munkaegészségügyi szempontból,

² CBRN: Chemical, biological, radiological and nuclear agents (Kémiai, biológiai, radiológiai és nukleáris anyagok).

kizárólag biztonságtechnikai rendszabályokat vagy nagyon általánosan megfogalmazott utalásokat tartalmaz pl. a szellőztetési időre.

- A kiképzés/oktatás során és a robbanóanyagokkal végzett tevékenység közben feltételezhetően a szabályozás hiánya miatt nem veszik figyelembe a munkaegészségügyi szempontokat. A szabályzatokban azért nem jelenik meg, mert nincsenek megfelelően kidolgozva, irodalmi adatok is inkább a nemzetközi szakirodalomban lelhetők fel.
- A különböző robbanóanyagokkal végzett tevékenységekhez és robbantási feladatokhoz nincsenek meghatározva specifikusan a védőeszközök, ez a feladat az illetékes munkavédelmi és munkaegészségügyi szakemberre hárul, akik irodalmi adatok és útmutatók hiányában nem rendelkeznek a kiválasztáshoz elegendő információval.
- A robbanásos sérülések megelőzését szolgáló speciális védőruházat használata során a Magyar Honvédségnél nem vizsgálták a maga a védőeszköz okozta megterhelést és igénybevételt, nincsenek kidolgozva használat során betartandó munkaegészségügyi rendszabályok.
- A robbanóanyagok, a robbanási gázok és az impulzus zaj okozta egészségkárosodások megelőzhetők a munkahigiénés szabályok betartásával és a megfelelően kiválasztott védőeszközök alkalmazásával.
- A Magyar Honvédség kötelékében robbanóanyagot nagy mennyiségben kezelő, alkalmazó szakemberek alkalmassági követelményei nem terjednek ki ezek hatásainak vizsgálatára, jogszabályi előírás ezzel kapcsolatban nincs.

KUTATÁSI MÓDSZEREK

A kitűzött célok elérése érdekében tanulmányoztam a hazai és külföldi szakirodalmat, a Mueller Otthmár Robbantástechnikai Különgyűjtemény témához közeli műveit. A téma kutatása és kidolgozása, a szakirodalom feldolgozása során általános kutatási módszereket alkalmaztam, mint analízis, szintézis, indukció és dedukció.

Konzultációkat folytattam a Nemzeti Munkaügyi Hivatal Munkaügyi és Munkavédelmi Igazgatóság munkaegészségügyi szakembereivel és a Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Honvéd Közegészségügyi és Járványügyi Intézet Munkahigiénés Laboratóriumának szakállományával. Az általam elemzett munkahigiénés mérések egy része is a nekik

köszönhető, mivel NAT³ által akkreditált laboratóriummal és nagyértékű, hitelesített, kalibrált mérőműszerekkel rendelkeznek. Kiemelném Gúth Gábor mérnök százados zaj- és rezgésmérnök szakmai segítségét.

A munkahigiénés mérések jelentős részét az MH 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Ezred tűzszerész szakfeladatai, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem robbantás foglalkozásai és bányászati, valamint fémplattírozás során végrehajtott robbantásokon végeztük el.

Barlangi és bányában végzett mérések nagy részét Kugyela Lóránd robbantás-vezetővel, a TÜV Rheinland InterCert Kft. Robbanóanyag Minősítő Laboratóriumának munkatársával együttműködve elemeztem, ezekről közösen írtunk több publikációt is.

Helyszínen tanulmányozhattam a robbanóanyag gyártás folyamatát a Mikerobb (Miskolci Komplex Épületbontó és Robbantástechnikai) Kft. mexikóvölgyi telephelyén és a bányászati robbantásokat Dunabogdány közelében, egy bazaltbányában, itt szeretném kiemelni Kuris Gabriella bányamérnök szakmai segítségét.

Részt vettem az Óbudai Egyetem és a Nemzeti Közszolgálati Egyetem által közösen pályázott és elnyert TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus Infrastruktúra védelmi kutatások projekt „Építmények védelme robbantásos cselekmények ellen” című kiemelt kutatási terület munkájában. Ennek során feladataim a robbanásos sérülések elemzése, a robbanás okozta dörejártalom és a robbanás során felszabaduló mérgező gázok vizsgálata volt. A program során kísérleti robbantás-sorozatot hajtottunk végre a TÜV Reinhardt Kft. szakembereivel együtt, melynek során munkacsoportommal robbanási gázok légtér-koncentrációját és impulzus zajt mértünk.

A munkavállalók egészségügyi adatait az alapellátás során nyert adatok elemzésével, valamint a szűrővizsgálatok során kérdőíves módszerrel történő felméréssel kaptam, melynél az érintettek aláírásukkal engedélyezték a statisztikai célú adatfelhasználást.

Részt vettem számos hazai és külföldi, főleg robbantástechnikai szakembereknek tartott konferencián, ahol előadásokat tartottam az általam kutatott témában.

2013 közepén indult közös programunk az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Gépszerkezettani és Biztonságtechnikai Intézet munkatársaival, Dr. Szűcs Endre adjunktus és Pető Richárd PhD hallgató vezetésével a nehéz tűzszerész védőruha által okozott ergonómiai kockázatok, megterhelés és igénybevitel tanulmányozására. A TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 számú „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” című pályázat keretében a "Munkahelyi ergonómiai kockázatok

³ NAT: Nemzeti Akkreditációs Testület.

csökkentésének lehetőségei" kiemelt kutatási területhez kapcsolódik a tűzszerész ruha ergonómiai vizsgálata.

VÁRHATÓ EREDMÉNYEK, AZOK FELHASZNÁLHATÓSÁGA

A kutatás várható tudományos eredményei:

- Annak meghatározása, hogy a robbanóanyagokkal végzett tevékenységek és a robbantási feladatok során milyen munkahigiénés szabályokat kell betartani, melyek az ajánlott egyéni védőeszközök a különböző munkafázisokban, a robbantás előkészítésekor, a robbantás alatt és a robbantás utáni ellenőrzés végrehajtásakor a foglalkozási expozíció megelőzése érdekében.
- A robbantás hatásai ellen tervezett nehéz tűzszerész védőruházat alkalmazása során betartandó munkaegészségügyi szabályok kidolgozása.
- A kapott eredmények szabályzatokba, módszertani útmutatókba történő bedolgozása, ez részben meg is történt. A Nyílászáró Robbantási Szakutasításban már mellékletként megjelent a robbanás hatásai és a robbantás munkaegészségügyi vonatkozásai témakörök, folyamatban van az új Tűzszerész Szakutasítás kidolgozása, ahol szintén bedolgozásra kerülnek.
- A kapott eredmények beépítésre kerülhetnek a robbantási szakemberek képzésébe polgári és katonai területen is.
- Módszertani útmutató kidolgozása a robbantással foglalkozó cégek, alakulatok munkavédelmi és munkaegészségügyi szakembereinek segítségével a kockázatértékelés, alkalmassági vizsgálatok és egyéni védőeszközök kiválasztásához.

Az értekezés első fejezetében bemutatom a robbantástechnika felhasználási területeit és feltárom azokat a munkaegészségügyi területeket, amelyekkel a későbbiekben foglalkozni fogok. A második fejezetben a robbanóanyagok toxikológiai vonatkozásait és az általuk okozott foglalkozási expozíció megelőzésének módszereit részletezem. Az utolsó részben a robbantások során fellépő hatásokat elemzem, a robbanási sérüléseket és megelőzésüket, a robbanás okozta impulzív zaj és a robbanási gázok okozta egészségkárosodásokat és az ezekhez kapcsolódó prevenenciós módszereket.

I. FEJEZET A ROBBANTÁSTECHNIKA MUNKAEGÉSZSÉGÜGYI VONATKOZÁSAI

A robbanóanyagok és a robbantási módszerek a XIX. század végén, de főleg a XX. század elején terjedtek el. Bányászati, ipari alkalmazásának előnyei kétségbevonhatatlanok, de a kezelésre veszélyessé váló robbanótestek, hadrendből kivont lőszer, gyújtófejek megsemmisítése is robbantással hajtható végre a legbiztonságosabban. Értekezésem első fejezetében röviden bemutatom a robbantástechnika felhasználási területeit és alkalmazásával kapcsolatban azokat a kritikus területeket, melyeket munkaegészségügyi szempontból vizsgálni kívánok.

I.1. A ROBBANTÁSTECHNIKA ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

I.1.1. KATONAI ÉS RENDVÉDELMI ROBBANTÁSOK

FEGYVEREK ALKALMAZÁSA

A különböző aknák, lőszer, bombák, gránátok és rakéták és megannyi társaik célba éréskor vagy aktiválást követően felrobbanva érik el pusztító hatásukat. A végeredmény ugyanaz, csupán az adott fegyver működésében, a célba juttatás módjában és a robbanás hatósugarában van különbség. A legkisebbek közül valók a kis műanyag borítású gyalogsági aknák a pár dekagramm robbanóanyag tartalmukkal, ezek „csak” a lábat roncsolják szét. Széles a paletta a több tonnás légibombáig, amelyek tömbházakat, utcákat söpörnek el, és akár 1 km-es sugarú körben szórják a repeszeket.



1. ábra PMA-2 jugoszláv akna 100 gramm hexogén töltettel [4]



2. ábra B17 Flying Fortress bevetésre készül [5]

FEL NEM ROBBANT ROBBANÓTESTEK MEGSEMISÍTÉSE

A háborúból, különböző hadgyakorlatokról, lövészetekről évente több ezer úgynevezett fel nem robbant robbanótestet (UXO⁴) kell felderítenie, hatástalanítani és megsemmisítenie a Magyar Honvédség erre a feladatra specializálódott alakulatának, az MH 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Ezrednek. A majd 70 éve a földben, folyók, tavak iszapjában vagy akár lakóházak tetőszerkezetében megbúvó lőszereket, aknavető-gránátokat, bombákat és társaikat leggyorsabban, leghatékonyabban és legbiztonságosabban robbantással képesek megsemmisíteni. Ugyanerre a sorsra jutnak a leszerelt, hadrendből kivont harcanyagok is.



3. ábra 500 kg-os légibomba [6]



4. ábra Fel nem robbant robbanótestek megsemmisítése [7]

MŰSZAKI ZÁRAK LÉTESÍTÉSE ÉS FELROBBANTÁSA, ÁTJÁRÓNYITÁS, HIDAK ROMBOLÁSA

Mind háborúban, mind békeműveletek során erődítés, katonai táborok, utak építése, műszaki záruk létesítése, és természetesen mindezek megsemmisítése során is számtalan alkalommal alkalmaznak robbantást a cél eléréséhez. Az alábbiakban – a teljesség igénye nélkül – felsorolásra került néhány felhasználási terület:

- az állások műszaki berendezése során lövészárcok, közlekedőárkok, óvóhelyek és erődítési építmények munkagödreinek kiépítése;
- műszaki záruk létesítése és megsemmisítése;
- utak, földgátak és egyéb műszaki építmények építése;
- kutak, aknák, – folyosók és egyéb – földalatti építmények építése és megsemmisítése;

⁴ UXO: Unexploded ordnance.

- az ellenség erődítési építményeinek rombolása;
- hidak, utak felrobbantása;
- építőanyagok kitermelése. [8]

ÁRVÍZI VÉDEKEZÉS

Árvízi védekezés kapcsán robbantás válhat szükségessé az alábbi problémák megoldásaként:

- az árvízvédelmi töltések megnyitása (szükségtározók, nyárigátak, stb.), a megrongálódott műtárgyak bontása és különböző, a víz szabad lefolyását akadályozó akadályok eltávolítása;
- csatornanyitás és medertisztítás;
- jeges árvízveszélyt okozó jégtorlaszok kialakulásának megelőzésére, illetve a kialakult jégtorlaszok felszámolására;
- a jégnyomás károsító hatásának megelőzésére, vízi műtárgyak, hídpillérek körüli jégmentes sáv kialakítása, befagyott vízi járművek (hajók, kompok, kotrógépek, stb.) kiszabadítása, vagy levegőztető lécek (pl. halastavaknál) nyitása. [9] [10]



5. ábra HT-IT⁵ típusjelű kumulatív jégperforátor [11]



6. ábra Jégrobbantás [12]

Az árvízi védekezés robbantásos feladatainak végrehajtása alapvetően nem a Magyar Honvédség feladata, de rendkívüli helyzetben bevetethők a Honvédelmi Katasztrófavédelmi Rendszerben megalakításra kerülő robbantó csoportok.

⁵ HT-IT: Helyszínen tölthető irányított töltet

NYÍLÁSZÁRÓ ROBBANTÁS

Bizonyos helyzetekben, lehet ez katasztrófahelyzet, bűncselekmény következtében kialakult vagy harci szituáció, szükség lehet másképp nyithatatlan, vagy csak nehézségek árán nyitható nyílászárók gyors eltávolítására. Ez a feladat megoldható robbantással is. A cél a robbantás végrehajtása a lehető legkisebb biztonsági távolságot betartva (ezzel minimalizálva az épületbe történő behatoláshoz szükséges időt) úgy, hogy minimális kárt okozzon az épületben.



7. ábra Ajtó zárszerkezetének felrobbantása [13]

I.1.2. IPARI ROBBANTÁSOK

BÁNYÁSZATI ROBBANTÁSOK

Magyarországon az első löporos bányászati robbantást 1627-ben végezték a felvidéki Selmecbányán, azóta hatalmas fejlődés történt ezen a területen. Köszönhetően a pontos geológiai méréseknek és értékeléseknek, valamint a GPS⁶-szel kimért fúrési helyeknek, lehetőség van még arra is, hogy az aprított kőzet méretét is megadjuk. Ehhez nagymértékben hozzájárul a pontos, megfelelően időzített iniciálás és a kiváló munkavégző képességgel rendelkező ANDO⁷ és emulziós robbanóanyagok alkalmazása. A bányászatban elsődleges fontosságú a környező települések és a környezet védelme mind a zaj és rezgés, mind a felszabaduló mérgező gázok tekintetében.

⁶ GPS: Globális helymeghatározó rendszer.

⁷ ANDO: Ammónium-nitrát alapú ipari robbanóanyag, dízel olajjal keverve.

Robbantással megoldható bányászati feladatok:

- vágat- és alagúthajtás;
- aknamélyítés;
- jövesztés (földalatti és külszíni);
- méreten felüli tömbök utóaprítása;
- gurítóknak és tárolóknak megszorult kötöttségek aprítása;
- biztosítóelemek eltávolítása. [14]



8. ábra Kőzetjövesztés [15]

Kőolaj és földgázbányászatban előfordulhat, hogy a fúrófej elakad fúrás közben, ezt gyakran robbantással lehetséges csak eltávolítani a fúrás folytatásához.

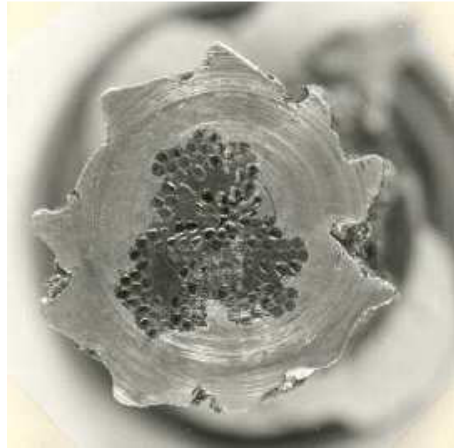
FÉMMEGMUNKÁLÁS

Speciális anyagok előállításakor, pl. szupravezető gyártásnál került előtérbe a fém- és kerámiaporok robbantásos tömörítésének lehetősége, de felhasználják pl. wolframpor vagy magnézium-oxid, berillium és wolfram, szilícium-dioxid, wolfram és titánium, réz és nikkel tömörítésére pl. atomreaktorokban történő felhasználáshoz. [16]

A másik leggyakoribb fémmegmunkálás, a robbantásos plattírozás olyan, fémek kötésére alkalmazható eljárás, amellyel a legkülönbözőbb paraméterekkel rendelkező fémlemezek, illetve rudak és csövek, egymással szemben fekvő felületei között folyamatos, fémes kötés hozható létre. Külön kiemelendő, hogy az eljárás során olyan fémeknél is létrehozható kötés, melyeknél más, pl. hideg, vagy meleg hengerlési, sajtolási módszerekkel ez nem valósítható meg (pl. alumínium – acél, alumínium – titán, stb.). A repüléstechnikában

és rakéatechnikában számos területen alkalmazzák, többek között a NASA számára a rakéta fúvókák és a hővédő pajzsok készítésénél. [17]

A különböző külső munkahelyeken például az erdőgazdaságokban, a bányáüzemekben, az elektromos távvezetékeket üzemeltető szerveknél, vagy a katonai gyakorlatban széleskörűen alkalmaznak drótköteleket. Ezek igénybevétele során gyakori a szakadás, melynek helyszíni javítása nem, vagy csak nehézségek révén valósítható meg, ennek megoldására találtak megoldást, amikor a sodronyköteleket „összerobbantják”.



9. ábra Robbantott hurok metszete [17]

Lehetőség van a fémlemez és fémcsővé alakítására. Az eljárás során, az elkészített mintába (szerszámba) préselik bele robbantással a fémlamezt, illetve csövet, mely ezáltal felveszi annak a formáját. A robbanási lökéshullám energiáját általában víz segítségével juttatják az alakítandó felületre. [18]

A fémátalakítás robbantásos módszere még sok lehetőséget rejt magában az eljárási módokban és a felhasználási területekben is, kiemelt kutatási terület az Óbudai Egyetemen.

MEZŐGAZDASÁGI ÉS ERDÉSZETI ROBBANTÁSOK

Bármilyen meglepő, még a mezőgazdaságban, erdőszetben is alkalmazható a robbantásos technológia, főleg a földrobbantás területén érhető el hathatós siker, amelyet a növények is meghálálnak. Az alábbi műveletek jöhetnek szóba:

- fakivágás, darabolás;
- robbantásos talajlazítás, vízzáró réteg átrobantása;
- faültető gödrök robbantása;
- gyümölcsfák robbantásos fiatalítása;
- szerves trágya robbantásos terítése. [19]

ÉPÜLETEK BONTÁSA

A különböző rendeltetésű épületek, létesítmények idővel elhasználódnak vagy valamilyen okból használhatatlanná válnak, esetleg egyszerűen csak nem megfelelő az elhelyezkedésük biztonságtechnikai szempontból, városrendezési vagy technológiai szempontok miatt. Az ilyen létesítmények, gyárépületek, kémények bontása azonban egy bizonyos méret felett hagyományos módszerekkel már vagy nem lehetséges, vagy túl hosszú ideig tartana, vagy sokkal költségesebb. Ezekben az esetekben szóba kerül a robbantás, mint bontási módszer.

A robbantás az a bontási eljárás, amelynek során a szerkezetek statikai egyensúlyának megbontását és ezáltal helyükről való elmozdulásukat, leesésüket és feldarabolódásukat robbantási energiával érjük el. [20] [21]

A robbantáskor egyszeri, időben elnyújtott, kis töltetkből álló robbanássorozat bontja le az épületet, így a környezetre gyakorolt hatása kisebb, kevésbé zavaró, mint a napokig – hetekig eltartó munkagépekkel történő bontás környezetre gyakorolt hatása. A robbantásos épületbontás során nagyobb a munkabiztonság is az építőipar egyéb munkafolyamataihoz képest. [22]



10. ábra Kémény bontása robbantással [20]

BARLANGI ROBBANTÁSOK

Barlangok járhatóvá tétele, termek kiépítése kapcsán is gyakran nyúlnak robbanóanyaghoz. Előfordul, hogy bennrekedt barlangászok mentésénél csak úgy tudnak eljutni a bajbajutott emberhez, hogy kis töltetekkel felrobbantják az oda vezető utat. 2002-ben közel 5500 robbantással vájtak 12 méter hosszú folyosót a bódvarákói Rákóczi-barlangban rekedt bűvárhoz. [23]

ROBBANÓANYAGOK MINŐSÉGÉNEK BEVIZSGÁLÁSA

A kezelésbiztonság és minőség-ellenőrzés szempontjából minden robbanóanyagot és robbantószert ellenőrzéseknek kell alávetni a következő esetekben:

- új robbanóanyagok típusvizsgálata (EK típustanúsítás);
- időszakos minőség-ellenőrzés;
- lejárt szavatosságú anyagok újraminősítése, tárolhatósági idő meghosszabbítása. [24]

LÁTVÁNYROBBANTÁSOK

Tűzijátékok készítésénél is alkalmaznak a csillaganyagok vagy lángszínező anyagok szétszórásához kis mennyiségben robbanóanyagokat, általában fekete lőport, nitrocellulózt és sok esetben klorátokat. Hasonló elven működnek a füst- és ködelegyeket tartalmazó pirotechnikai termékek is.

Látványrobbantások másik nagy területe a filmek jeleneteiben megjelenő robbanások megtervezése és végrehajtása. Magyarország az utóbbi időben több nagy filmes stúdiónak otthont ad, amelyek hazai cégeket bíznak meg világszínvonalú akciófilmek látványrobbantásainak kivitelezésével.



11. ábra Tűzijáték előkészítve [25]



12. ábra Tűzijáték [26]

I.1.3. BŰNÖS CÉLÚ ROBBANTÁSOK

A robbantásos cselekmények előnyei az elkövetők szemszögéből egyrészt a cselekmény „eredményessége” vagy „magas foka” (egy fegyveres támadás esetén nagyobb a valószínűsége a megtámadott fél esetleges megmenekülésének); másrészt az elkövető személyesen nem kell, hogy megjelenjen a támadás helyszínén, így lebukásának veszélye is kisebb.

A robbantásos cselekmények elkövetői általában az alábbi indokok miatt hajtják végre a „bűnös célú” robbantást:

- nacionalista: ilyen például a nemzeti függetlenségért küzdő IRA, a baszk ETA, a kurd PKK és számos palesztin terrorcsoport;
- politikai: a szélsőbalos Vörös Brigádok, vagy a perui Fényes Ösvény;
- egy speciális célra összpontosítók: például egyes szélsőséges állatvédő csoportok;
- üzleti: a terrorcselekményeket bér munkában végző szervezetek, ilyen volt az Abu Nidál féle csoport, vagy a japán Vörös Hadsereg;
- vallási: az utóbbi évtized leggyakoribb irányzata, ide tartoznak az iszlám terrorcsoportok, és a japán AUM-szekta.

A robbanóanyagokkal elkövetett bűn/terrorcselekmények hatásukban, a pusztítás méreteiben, valamint a megtámadott célok tekintetében az alábbi főbb kategóriákba sorolhatók:

- a konkrét személyek elleni merényletek;
- a demoralizáló (zavarkeltő) célzatú robbantások;
- általános bosszú vezérelte robbantások. [27] [28]

A robbantásos cselekmények fő célja a félelem- és zavarkeltésen túl a nyilvánosság, a média figyelmének felkeltése, így nézeteik, céljaik kinyilatkoztatása. Különösen igaz ez a 2001. szeptember 11-i merénylet óta, mely új korszakot nyitott a terrorizmus történetében: jelentős anyagi károk keletkeztek; az emberáldozatok száma kiemelkedően magas volt; az eseményekről a világ valamennyi médiája tudósított; az események keltette pszichológiai utóhatás pedig azóta napjainkban is érezhető. [29]

Ennek kapcsán természetesen nem a terrorista, bűnöző elemek az elkövetés kapcsán előforduló egészségkárosodása érdekel minket, hanem a cselekmény következményeit megakadályozni hivatott, vagy azt elszenvedő katonák, rend- és katasztrófavédelemben dolgozók és polgári személyek sérülése.

A „bűnös céllal” elkövetett robbantásos merényletek fő eszközei az úgynevezett Improvizált robbanószerkezetek (IED⁸). Az improvizált robbanószerkezetek olyan „háziagosan készített” eszközök, amelyek a pusztító hatásukat a robbanás hatóerejével, az egészségre ártalmas vegyi, radiológiai, biológiai töltetekkel vagy gyújtóhatású anyagok segítségével érik el.

Az IED szerkezeti felépítése általában kezdetleges kialakítású, de csak a készítőjének kreativitása és a rendelkezésére álló, beszerezhető anyagok, alkotórészek mennyisége és technológiai színvonala határozza meg az eszköz bonyolultságát és korszerűségét. [29]



13. ábra Átalakított aknagránátok [30]



14. ábra Cipő sarkába rejtett robbanószerkezet [29]

Az eszköz mérete a gyufásdoboznyitól akár a teherautó nagyságúig is terjedhet, függően a rombolni vagy megsemmisíteni kívánt célponttól és az elérendő hatástól. Az IED lehet mobil telepítésű, illetve helyhez kötött. Előbbi esetben a robbanóeszközt juttatják el valamilyen módon a statikus célponthoz (pl. egy épület), vagy a célpont közelébe, míg az utóbbi esetben azt többnyire megfigyelt szerkezetként a merénylet által indítva akkor következik be a detonáció, amikor a mozgó célpont (pl. egy katonai konvoj járműve) ideális távolságra közelítette meg a szerkezetet.

Robbanótöltetként felhasználhatnak különböző, a katonai robbantástechnikában is használt préselt vagy plasztikus robbanóanyagot (pl. TNT, C4, Semtex); polgári rendeltetésű robbanóanyagokat (pl. Emulgit, ANDO, Dinamit), vagy pedig különféle háziilag, vegyszerek keverékéből előállított robbanószerkezet (elegyet), de felhasználhatják akár a fel nem robbant katonai harcanyagokból (akna, rakéta, tüzérségi lövedék, stb.) kinyert robbanóanyagot is.

⁸ IED: Improvised explosive device (Improvizált vagy háziilag készített robbanóeszköz).

Főbb típusai:

- Célpont vagy áldozat által elműködtetett IED;
- Időzített működtetésű IED;
- Parancsindítású improvizált robbanóeszközök: vezetékes indítású, vezeték nélküli rádióvezérlésű, öngyilkos merénylő által történő indítású improvizált robbanószerkezetek. [29] [31]

I.2. A MUNKAHELYI EGÉSZSÉGVÉDELEM ALAPJAI

I.2.1. A MUNKAEGÉSZSÉGÜGY FOGALMA

A magyar Alkotmány 1950-től a baleset-elhárítást és az egészségmegővást, 1972-től a munkavédelmet 70/D § (1) és (2) bekezdésében állampolgári jogként határozta meg, a 2012. 01.01-től hatályos Alaptörvény a XX. cikkelyben ezt az alábbiakban fogalmazza meg:

„(1) Mindenkinek joga van a testi és lelki egészséghez.

(2) Az (1) bekezdés szerinti jog érvényesülését Magyarország genetikailag módosított élőlényektől mentes mezőgazdasággal, az egészséges élelmiszerekhez és az ivóvízhez való hozzáférés biztosításával, a munkavédelem és az egészségügyi ellátás megszervezésével, a sportolás és a rendszeres testedzés támogatásával, valamint a környezet védelmének biztosításával segíti elő.” [32]

A mai magyar munkavédelem rendszere a Nemzetközi Munkaügyi Szervezet alap Egyezményein, az Európai Unió Irányelvein, a Szociális Karta alapelvein alapul, s központi elemét a nemzeti hagyományokat is átörökítő 1993. évi XCIII. törvény, a Munkavédelmi törvény alkotja. A Munkavédelmi törvény (Mvt.) kimondja, hogy a Magyar Köztársaság területén munkát végzőknek joguk van a biztonságos és egészséges munkafeltételekhez.

A Mvt. szabályozza az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés általános, személyi, tárgyi és szervezeti feltételeit a szervezeten munkát végzők egészségének, munkavégző képességének megővése és a munkakörülmények humanizálása érdekében, megelőzve ezzel a munkabaleseteket és a foglalkozással összefüggő megbetegedéseket.

A munkavédelem három fő pillérét a munkavégzés biztonsága, a munkavégzés egészségügyi követelményei és a szociális munkavédelem területe jelenti. A Mvt. a munkabiztonságot – a biztonságos munkavégzés általános, technikai, műszaki, szervezeti és

szervezési követelményeit – és a munkaegészségügyet – a munkakörülmények és a munkavégzés humán egészségügyi követelményeit – egységben kezeli és szabályozza. A szociális munkavédelem a munkavégző képesség megőrzését és helyreállítását, a sérülékeny munkavállalói célcsoportok foglalkoztatását, a munkavégzés időbeli korlátozását, a munka humanizálását és a jó munkahelyi közérzet megteremtését célozza, ami egyéb védelmi, munkaügyi és társadalombiztosítási jogszabályokban kerül meghatározásra. [3]

A Munkavédelmi törvény legfontosabb alapelvei:

1.) A Magyarország területén munkát végzőknek joguk van a biztonságos és egészséges munkavégzéshez, a munkavédelemhez. A Mvt. egységesen kezeli a munkahelyi egészség és biztonság védelmét és nem tesz különbséget sem a tulajdon formája, sem a vállalkozás méret – kategóriája szerint, mivel minden szervezett munkavégzésre, valamennyi munkáltató minden egyes munkavállalójára kiterjeszti a hatályát.

Rendkívüli munkavégzési körülmények esetére (pl. mentési, katasztrófa-elhárítási tevékenységek), illetve a fegyveres erőknél és rendvédelmi szerveknél, nemzetbiztonsági szolgálatoknál és a Nemzeti Adó- és Vámhivatalnál munkavégzésre irányuló jogviszonyban, büntetés-végrehajtási jogviszonyban kifejtett munkatevékenységre az illetékes miniszter által kiadott külön jogszabály e törvény figyelembevételével kivételesen indokolt esetben eltérő követelményeket, eljárási szabályokat állapíthat meg az egészséget nem veszélyeztető, és biztonságos munkavégzésre vonatkozóan.

2.) Az állam felelőssége elsődleges, feladata az alapvető munkavédelmi követelmények meghatározása, a munkavédelem nemzetgazdasági és ágazati irányítása, hatósági felügyelete és ellenőrzése, a munkavédelem állami intézményrendszerének működtetése, a munkavédelemmel kapcsolatos érdekegyeztetés biztosítása, a szociális partnerekkel való együttműködés. Az állam – az erre a célra létrehozott – felügyeleti szerveivel ellenőrzi a vonatkozó munkavédelmi szabályok betartását és segíti a feladatok megvalósítását.

3.) Az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés követelményeinek megvalósítása és fenntartása szervezett munkavégzés esetén a munkáltató feladata. A munkáltató emellett elsődleges és átháríthatatlan felelősséget visel a munkaviszonnyal összefüggő károkozásért is. A munkavédelmi követelmények megvalósításának módját – a jogszabályok és a szabványok keretein belül és az együttműködés kötelezettsége mellett – a munkáltató szabadon választhatja, határozhatja meg. A Mvt. a munkáltatói szabadság és az önkéntes jogkövetés kontrolljára azonban munkavédelmi érdekképviselőt, egyes feladatok

megvalósításához megfelelő szakképesítéshez kötött munkabiztonsági szaktevékenységet és munkaegészségügyi szolgáltatást: munkahigiénés vizsgálatokat és a foglalkozás-egészségügyi szolgálat kötelező biztosítását írja elő.

A Mvt. a munkáltató feladatává teszi és felelősségi körébe utalja az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés követelményeinek megvalósítását és fenntartását a munkahely létesítésére; a munkavégzés tárgyi, szervezési, szervezeti, technikai, személyi feltételeire, a munkafolyamatokra, a technológiára, az anyagra nézve. A végrehajtás eredményéért is a munkáltató felel, de a megvalósításban tevékeny részt vállalnak, együttműködnek a munkavállalók is.

A Mvt. és a végrehajtási rendeleteik részletesen kijelölik azokat a munkaegészségügyi feladatokat is, amelyekhez munkahigiénés (munkakörnyezeti és biológiai expozíciós) vizsgálatokat és foglalkozás-egészségügyi alapszolgáltatást kell igénybe venni a munkáltatóknak a szervezett munkavégzés során. A törvény a munkavégzés minimális követelményeinek rögzítése mellett bevezeti a kockázatfelmérésen – kockázatbecslésen – kockázatértékelésen – kockázatkezelésen alapuló megelőzési politikát is.

A munkaegészségügy a közegészségtan – járványtan (népegészségtan) preventív tudományának egy jól elkülönülő önálló területe, amely természetesen hasznosítja valamennyi tudományterület eredményeit, figyelembe veszi azok ajánlásait, a saját területén érvényre juttatja azokat az általános érvényű tapasztalatokat, eredményeket, amelyeket más területeken dolgoztak ki. Valamennyi preventív tudományterülettel együttműködve tevékenykedik.

A munkaegészségügy alapvető célja a munkavégzés során a munkakörnyezetből származó egészségkárosító veszélyek és kockázatok előrelátása, felismerése, értékelése és kezelése (munkahigiéné), valamint a munkakörnyezeti kóroki tényezők okozta és a munkavégzésből származó megterhelések, illetőleg igénybevétel vizsgálata és befolyásolása, továbbá a munkát végző személyek munkaköri egészségi alkalmasságának megállapítása, ellenőrzése és elősegítése (foglalkozás-egészségügy) révén a munkát végző személy egészségének megóvása.

A munkahigiéné feladata, hogy kidolgozza az egészséget nem károsító, munkahelyi és higiénés határértékeket, kidolgozza és alkalmazza a munkakörnyezeti kóroki tényezők kimutatásának módszereit, valamint a munkakörnyezeti monitorozás rendszerét. A technológia fejlesztési, illetőleg a munkahely tervezési szakaszában megállapítsa a várható egészségkárosító kockázatokat. A munkakörnyezet, a technológia, a tevékenységhez

alkalmazott anyagok, készítmények ismeretében meghatározza az egészségkárosító kockázatokat, azokat minőségileg és mennyiségileg jellemezze, a kockázatot a mért értékeknek, adatoknak a határértékekkel, szabványokkal való összevetését követően határozza meg, kidolgozza a megelőzés stratégiáját.

A foglalkozás-egészségügy feladata, hogy a munkahigiéné által feltárt adatok ismeretében elemezze az egyes munkakörnyezeti kóroki tényezők emberre kifejtett hatását, az ember válaszreakcióját, feltárja az utóbbiakra jellemző paramétereket. Kidolgozza a foglalkozási megbetegedések korai felismerésére alkalmas eljárásokat, meghatározza a munkavállaló munkavégzéssel kapcsolatos megterhelését. A munkavállaló orvosi vizsgálatával megállapítsa annak terhelhetőségét, hogy eldöntse a munkavállaló adott munkakörre, szakmára való egészségi alkalmasságát és meghatározza a foglalkoztathatóság feltételeit. A munkakörnyezet és a munka jellegének ismeretében meghatározza az alkalmassági vizsgálatok gyakoriságát. A munkavállalót a munkakör ellátására alkalmasnak, vagy alkalmatlannak minősítse, továbbá meghatározza, hogy milyen munkakörnyezetben, mely feltételek mellett alkalmas munkavégzésre, fokozott figyelmet fordítson a fiatalok, a nők, a terhes nők, a szoptató anyák, az időskorúak, az idült betegek, a fogyatékosok egészségi állapotának ellenőrzésére munkavégzésük során, a megváltozott munkaképességű személyek foglalkozási rehabilitációját kezdeményezze, illetőleg abban részt vegyen.

Munkaegészségügyi szaktevékenységek: munkavédelmi szempontú előzetes munkahelyi vizsgálatban való részvétel, egészséget, testi épséget közvetlenül veszélyeztető körülmény soron kívüli vizsgálatában való részvétel, kockázat-értékelésben való részvétel, megelőzési stratégia kialakításában való részvétel, védőeszköz juttatás rendjének kidolgozásában való részvétel. [33] [34]

I.2.2. A MUNKAHELYI EGÉSZSÉGVÉDELEM

A munkahely minden olyan szabad vagy zárt tér, földalatti létesítmény, jármű, ahol munkavégzés céljából vagy azzal összefüggésben munkavállalók tartózkodnak. A munkavállaló napi 8 órát, tehát életének harmadát itt tölti. A hatások, melyek itt érik, az egész életét és egészségét befolyásolják. [3]

Az egészséges munkahely kialakítható a tudatos, egészségmagatartást szolgáló, munkaadói akciók és intézkedések halmazával. Ezek többek között: a biztonságos munkakörnyezet, a foglalkozás-egészségügy jelenléte, az egészséges életmód munkahelyi lehetősége, a testi és lelki, valamint a szellemi egészség együttes jelenléte, a tárgyi és

technikai feltételek megléte, a stressz, a pszichoszociális kóroki tényezők csökkentése, a munkával való megelégedettség, önbecsülés elérése a munkavállalóknál is, a döntéshozói példamutatás, a személyes kommunikáció fontossága, a vállalati jó hírnév kialakítása. [35]

A munkavédelmi törvény szerint az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés érdekében a munkáltató köteles olyan intézkedéseket hozni, hogy lehetővé tegye a veszélyek elkerülését, ha ez nem lehetséges, azokat értékelni kell és stratégiát kell kidolgozni az ártalmak eltűrhető szint alá csökkentésére.

A munkáltató köteles minőségileg, amennyiben lehetséges, mennyiségileg is értékelni a munkavállalók egészségét és biztonságát veszélyeztető kockázatokat, különös tekintettel az alkalmazott munkaeszközökre, veszélyes anyagokra és készítményekre, a munkavállalókat érő terhelésekre, valamint a munkahelyek kialakítására. A kockázatértékelés során a munkáltató azonosítja a várható veszélyeket (veszélyforrásokat, veszélyhelyzeteket), valamint a veszélyeztetettek körét, felbecsüli a veszély jellege (baleset, egészségkárosodás) szerint a veszélyeztetettség mértékét. A kockázatértékelés során az egészségvédelmi határértékkel szabályozott kóroki tényező előfordulása esetén munkahigiénés vizsgálatokkal kell gondoskodni az expozíció mértékének meghatározásáról. [33] [36]

A kockázatanalízis eredménye alapján, kockázatkezelési stratégiát kell kidolgozni, melynek célja, hogy a szolgálatot teljesítő állomány munkahelyi egészsége és biztonsága érdekében a foglalkozási eredetű megbetegedések és munkabalesetek kockázatát elfogadhatóan alacsony szinten tartsuk.

Megfelelő műszaki és munkaszervezési megoldásokkal jelentősen csökkenthetők a munkavállalókat terhelő egészségkárosodások. Ezek alapelvei: mérgező veszélyes anyagok és technológiák helyettesítése veszélytelenebbekkel; automatizálás, robottechnika, zárt technológia bevezetése; megfelelő műhely kialakítása, pl. rezgésmentes alapozás; zajos gépek elkülönítése; gyártási-, munkafolyamatok elkülönítése, pl. építészeti, légtéri elválasztás, távolság növelése; megfelelő karbantartás; megfelelő szellőzés, elszívás, klíma, fűtés; munkaidő (expozíciós idő) korlátozása; szolgálati évek korlátozása. Amennyiben a kollektív védelemre nincs lehetőség vagy nem megfelelő mértékű, egyéni védőeszközöket kell alkalmazni. [36]

A munkahelyi egészségvédelem másik alapköve a munkavállalók egészségi állapotának rendszeres ellenőrzése. Az alkalmassági vizsgálatok elvégzésének alapvető célja, hogy megállapítsuk a munkavállaló arra való alkalmasságát, hogy tudja-e teljesíteni feladatait

önmaga és mások veszélyeztetése nélkül, elősegítsük a munka adaptálását a munkát végző egyénhez, valamint minél korábban megállapítsuk a munka okozta elváltozásokat. [37]

A prevenció, egészségfejlesztés minél eredményesebb végrehajtása igényli, hogy a munkaegészségügyi szakterület összetétele és tevékenysége multidiszciplináris legyen (foglalkozás-egészségügyi szakorvos, munkahigiénikus, ergonómus, pszichológus, toxikológus, munkabiztonsági szakember). [38]

I.2.3. KOCKÁZATÉRTÉKELÉS ÉS KOCKÁZATKEZELÉS

A kockázat az emberi lét szerves, attól elválaszthatatlan része, kiküszöbölhetetlen. Mértéke természetesen függ az életmódtól, a káros szenvedélyektől, az életkörülményektől és igen nagy mértékben a munkahelyi környezettől, a munkavégzés feltételeitől. Célunk ezen kockázatok lehető legkisebb mértékűre csökkentése.

A munkahelyi egészségvédelem alapköve a munkahelyi kockázatok feltárása és értékelése, valamint a kockázatkezelési stratégia kialakítása és végrehajtása.

Először a kockázat fogalmát szeretném tisztázni.

- A WHO 2004-ben a munkahelyi kockázatra az alábbi definíciót adta meg: a kockázat a speciális körülmények között megvalósuló expozíció okozta káros hatások valószínűsége egy szervezetben, rendszerben vagy populációban.
- A Munkavédelmi törvény fogalom-meghatározása alapján: a kockázat a veszély megvalósulásának valószínűsége.
- A Magyar Értelmező szótár szerint kárt okozó véletlen események bekövetkezésének lehetősége.

Minden itt felsorolt meghatározásnak alapvető problémája, hogy ezek alapján a kockázat még mindig nem adható meg mennyiségileg, a különböző kockázatok nem hasonlíthatók össze egymással. Ennek oka, hogy a bekövetkező esemény súlyosságát egyik sem veszi figyelembe. Ezért az Európai Unió újrafogalmazta a munkavédelemben és munkaegészségügyben használatos alapvető definíciókat:

veszély: az a képesség, hogy a kockázati forrás káros hatást okozzon.

kockázati forrás: fizikai, kémiai, biológiai, ergonómiai, pszichoszociális tényező, közeg, forrás, eljárás vagy helyszín, amely rendelkezik azzal a képességgel, hogy káros hatást váltson ki.

kockázat: egy káros hatás vagy esemény valószínűsége és súlyossága, amely az embert vagy a környezetet érinti a kockázati források okozta expozíciót követően, meghatározott feltételek mellett. [36]

Matematikai módszerekkel az alábbi képlettel írható le:

$$R = W \times K$$

R risk (kockázat)

W bekövetkezés valószínűsége (0= lehetetlen; 1= biztos, hogy bekövetkezik)

K következmény súlyosságát jelző tényező (0= elhanyagolható; 1=haláleset)

Mértékegységként a μR -t (mikrorizikó) alkalmazzuk, amely populációs szinten azt jelenti, hogy valamely kockázati forrás 1 millió ember érintettsége esetén 1 személynél okoz végzetes következményt. Ezt példákval szemléltetve $1\mu R$ a kockázat, ha egy utazó 2000 km-t tesz meg utasszállító repülőgépen, ugyanúgy $1\mu R$, ha 3 km-t motorozik valaki, de $1\mu R$ az is, ha elszívunk másfél szál cigarettát. [36]

A munkavédelemben eltűrhető kockázat $10\mu R$, amely rákkeltő kockázati források esetén megfelel a jogszabályokban meghatározott határértékek betartása esetén fennálló kockázatnak. [36]

A munkahelyeken követve a törvényi előírásokat, a fennálló kockázatokat kötelező felméri, értékelni és kockázatkezelési stratégiákat kidolgozni és végrehajtani. Végso lépésként minden munkavállalóval közölni kell az őt érő kockázatokat és a kezeléséhez szükséges lépéseket. A következő táblázat ezen folyamatokat szemlélteti.

1. táblázat A kockázatelemzés folyamata [36]

| 1. Kockázatbecslés | 2. Kockázatkezelés | 3. Kockázat – kommunikáció |
|--|---|---|
| 1.1. veszélyazonosítás 1.2. veszélyjellemezés 1.3. expozíció becslés/mérés 1.4. kvalitatív/kvantitatív kockázatjellemezés | 2.1. kockázatértékelés 2.2. kockázatkezelési stratégia 2.2.1. intézkedés a kockázatok elkerülésére, ha ez nem lehetséges a kockázatok csökkentésére 2.2.2. folyamatos kockázat kontroll program 2.2.3. kockázatkezelés eredményességének mérése, ismételt kockázatbecslés 2.2.4. kockázatkezelés eredményességének megítélés | 3.1. management feladatainak meghatározása és nyilvánosság elé tárása 3.2. munkavállalók feladatainak meghatározása és a feladatok megoldásának ellenőrzése 3.3. oktatás, képzés, PR 3.4. lakossági tájékoztatás 3.5. munkavállalói elégedettség felmérése 3.6. lakossági elégedettség felmérése |

Az előző alfejezetben már említésre került, hogy a munkáltató kötelessége, hogy biztosítsa a munkavállaló egészségét és biztonságát, és azt a munkavégzés és munkakörnyezet kockázatelemzésekor feltárt problémák kezelésével éri el.

Ennek első lépése a kockázatbecslés: kockázati források okozta expozíciót követően, meghatározott feltételek mellett az embert vagy a környezetet érintő káros hatások vagy események valószínűségének vagy súlyosságának meghatározási folyamata, beleértve a kísérő bizonytalanságok azonosítását.

Részei:

- veszélyazonosítás: az embert vagy a környezetet érintő káros hatásokat vagy eseményeket okozni képes kockázati források azonosítása, a hatások vagy események kvalitatív leírásával együtt. Ez lehet például menekülési útvonal hiánya egy üzemben, vagy a robbantás során kirepülő repeszdarabok.
- veszélyjellemzés: kockázati források okozta expozíciót követően, az embert vagy a környezetet érintő káros hatások, események természetének kvantitatív vagy szemikvantitatív értékelése. Ezt a lépést abban az esetben lehet végrehajtani, ha képesek vagyunk az adott kockázatot valamilyen formában számszerűsíteni. Fizikai és kémiai kóroki tényezők (zaj, sugárzások, veszélyes anyagok légtér-koncentrációja) tartoznak ebbe a körbe, de a fizikai munka energiaforgalmát is képesek vagyunk meghatározni a munkafolyamat részletes elemzésével, természetesen ez az állandóan ismétlődő munkafolyamatoknál lehetséges. Jogszabályi, irodalmi adatok segítségével felrajzoljuk a jelentősnek ítélt veszélyek dózis – hatás összefüggéseit.
- expozíció becslés: kockázati forrásokból származó expozíció kvalitatív, kvantitatív vagy szemikvantitatív értékelése. Az expozíció gyakorisága, expozíciós idő hossza és az elvégzett méréseken kapott adatok alapján meghatározzuk a munkavállalót érő káros hatásokat. Robbantástechnikai példánál maradva, meghatározzuk a robbantáskor előforduló zaj hangnyomás értékeit, idejét, előfordulás gyakoriságát, összehasonlítjuk a jogszabályban meghatározott határértékekkel, megállapítjuk, hogy impulzus zajról van szó, ezért a maximális megengedhető hangnyomásszintet kell elsősorban figyelembe venni.
- kockázatjellemzés: egy adott populációban, meghatározott körülmények között a káros hatások vagy események előfordulási valószínűségének és súlyosságának kvalitatív, kvantitatív vagy szemikvantitatív becslése, veszélyazonosításra, veszélyjellemzésre és

expozícióbecslésre alapozva. Itt a potenciálisan előidézhető megbetegedéseket, munkabaleseti diagnózisokat súlyosságuk alapján osztályozzuk, majd meghatározzuk az adott esemény bekövetkezési valószínűségét, majd ezeket az adatokat számszerűsítjük. Az előbbi példát folytatva, az impulzus zaj maradandó károsodást okozhat, az alkalmazás típusától függően lehet alkalmankénti, vagy gyakori az előfordulás frekvenciája. [36]

A következő lépés a kockázatkezelés: alternatív politikák megfontolásának folyamata a kockázatbecslés és más releváns értékelések eredményei alapján, ha szükséges, a megfelelő kontroll lehetőségek kiválasztása és alkalmazása.

Részei:

- kockázatértékelés: egy kóroki tényező által előidézett expozíció okozta kockázat összehasonlítása más tényezők által okozott kockázatokkal, a kockázat és a haszon közötti viszony megállapítása. Itt összehasonlítjuk az adott munkavégzés, például egy második világháborús robbanószerkezet hatástalanításának és megsemmisítésének kockázatát, tehát a tűzszerész baleseti kockázatát a lakosság veszélyeztetésének kockázatával.
- kockázatkezelési stratégia: intézkedési terv készítése és annak végrehajtása a kockázat elfogadható szintre való csökkentésére. Lépései: intézkedés a kockázatok elkerülésére, ha ez nem lehetséges a kockázatok csökkentésére, folyamatos kockázat kontroll program, kockázatkezelés eredményességének mérése, ismételt kockázatbecslés, kockázatkezelés eredményességének megítélése. Ez a gyakorlatban jelenthet például egy elszívó berendezés beszerelését, majd a légszennyező anyag légtér-koncentrációjának rendszeres, akár folyamatos ellenőrzését. [36]

Végül a kockázat-kommunikáció következik, mely szintén nagyon fontos lépés. A munkavállalók, a környező lakosság, de egyes esetekben a sajtó tájékoztatása is kiemelt jelentőségű. [36]

Disszertációmban szeretném feltárni a robbantás-technikai feladatok végrehajtása kapcsán előforduló kockázatokat, ezeket mennyiségileg is jellemezni, amennyiben lehetőség van rá és intézkedéseket javasolni az adott kockázatok elkerülésére, csökkentésére.

I.2.4. EGYÉNI ÉS KATONAI VÉDŐESZKÖZÖK

Adott munkafolyamat, technológia kapcsán elsősorban a kollektív védelmi megoldásokat, műszaki berendezéseket, kevésbé mérgező anyagokat kell alkalmazni, ahogy ez már korábban kifejtésre került. Amennyiben megelőző műszaki, illetve szervezési intézkedésekkel az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés nem valósítható meg, a kockázatok egészséget nem veszélyeztető mértékűre csökkentése érdekében a munkáltató a munkavállalókat a kockázatokkal szemben védelmet nyújtó védőeszközzel látja el és ellenőrzi azok rendeltetésszerű használatát. [39]

Egyéni védőeszköznek nevezünk minden olyan eszközt, amelyet a munkavállaló azért visel vagy tart magánál, hogy az a munkavégzésből, a munkafolyamatból, illetve a technológiából eredő kockázatokat az egészséget nem veszélyeztető mértékűre csökkentse.

Kiválasztása a kockázatértékelés alapján történik, mindig az együttes kockázatokat figyelembe véve, a lehető legmagasabb védelmi szintet biztosítva. Egyéni védőeszköz juttatási rendben kell meghatározni a szükséges védőeszközt munkakörönként. Használatát oktatni és ellenőrizni kell, mivel az alkalmazás minősége a munkáltató felelőssége. Nincs kihordási ideje, ha tönkremegy vagy a használati ideje lejárt, újat kell biztosítani. Tisztítása, mosatása a munkáltató felelőssége, de a munkavállaló kötelezhető a tőle elvárható módon megóvni, karbantartani a számára kiutalt eszközt. [39]

További követelmények, hogy legyen ergonómikus, komfortos, anyaga, annak bomlástermékei ne okozzanak további kockázatokat és ne allergizáljanak. Feleljen meg a munkavégzés követelményeinek, legyen ellenálló a környezeti tényezőknek.

Magyarországon csak az alkalmazható egyéni védőeszközként, ami Európai Unió típus tanúsítvánnyal vagy megfelelőségi nyilatkozattal rendelkezik, „CE” jelöléssel és a megfelelő magyar nyelvű dokumentációval ellátták. A védőeszközöket három kategóriába soroljuk.

Az 1. kategóriába azok a védőeszközök tartoznak, amelyeknél a gyártó vélelmezheti, hogy a felhasználó képes az adott védőeszköz védelmi szintjét elegendő biztonsággal megítélni, az alkalmazásának szükségességét kellő időben megállapítani, és azt megfelelően használni. A gyártó tanúsíthatja EK megfelelőségi nyilatkozattal, magyar nyelvű használati útmutató szükséges hozzá.

1. kategóriába tartozó védőeszközöket alkalmazunk az alábbiakban:

- felületi sérülést okozó mechanikai veszélyek esetén (pl. kertészkesztyű, ujjvédő);

- gyengén agresszív hatású tisztító-, illetve karbantartószerek alkalmazásakor (pl. hígított tisztítószer-oldatok);
- az 50 °C-t nem meghaladó felületi hőmérsékletű tárgyak kezelése esetén;
- veszélyes ütéssel együtt nem járó tárgyak használatakor (pl. kesztyű, kötény);
- nem szélsőséges vagy kivételes időjárási körülmények esetén (pl. fejtámla, időjárás elleni ruházat);
- gyenge ütések és rezgések fennállásakor, amennyiben nem okoznak maradandó sérüléseket (fejbőr, haj védelme, kesztyűk);
- napsugárzás ellen (napszemüveg).

A 2. kategóriába tartoznak azok a védőeszközök, amelyek nem tartoznak az 1. illetve a 3. kategóriába. A tejjesség igénye nélkül ide tartoznak a védősisakok, arcvédők, szemvédők, hallásvédők, az 1. és 3. kategóriába nem tartozó védőruházat, védőkésztyű vagy védőlábbeli.

A 3. kategóriába a komplex tervezésű védőeszközök tartoznak, amelyek a halálos kimenetelű balesetek, a súlyos, visszafordíthatatlan egészségkárosodást okozó hatások ellen védenek és amelynél a gyártó vélelmezheti, hogy a felhasználó a közvetlen hatásokat nem tudja kellő időben felismerni. Megfelelősége EK típusanúsítvány alapján történik, amit bejelentett (notifikált) tanúsító szerv ad ki.

3. kategóriába tartoznak:

- a szűrőtípusú légzésvédő-eszközök;
- a léghőrtől teljes mértékben elszigetelő légzésvédő-eszközök, beleértve a búvárkészülékeket is;
- védőeszközök, melyek kémiai hatások, illetve ionizáló sugárzások ellen korlátozott idejű védelmet biztosítanak;
- hő hatásának kitett környezetben alkalmazott védőeszközök, ahol a környezeti levegő értéke eléri, meghaladja a 100 °C-ot,
- a hideg környezeti hatás ellen védő eszközök, ha a környezeti hőmérséklet -50°C alatt van,
- a magasból történő leesés, zuhanás ellen védő termékek;
- a villamosság által okozható kockázati tényezők ellen védelmet biztosító védőeszközök, amelyek a feszültség alatt álló berendezéseken vagy feszültség közelében végzett tevékenységnél, illetve a nagyfeszültség alatt lévő berendezésektől való elszigetelést szolgálják. [39]

A katonai védőeszközök nagy része nem sorolható a klasszikus egyéni védőeszközök közé, mivel nem rendelkeznek sem EK típusanúsítvánnyal, sem EK megfelelőségi nyilatkozattal, amelyeket a hatályos polgári jogszabályok előírnak. Ezek a védőeszközök az úgynevezett katonai védőeszközök csoportjába tartoznak, melyek fogalmát az 1/2009. HM rendelet fogalmazza meg.

Katonai védőeszköz: kizárólag, illetve elsődlegesen katonai célra kifejlesztett, gyártott, hazai, illetve külföldi forrásból beszerzett és külön eljárással rendszeresített, a veszélyforrás kiküszöbölésére vagy annak károsító hatása csökkentésére szolgáló, a személyi állomány szolgálati, kiképzési feladatainak ellátásához használt, alkalmazott egyéni vagy kollektív védő funkciójú felszerelés, hadfelszerelési anyag, tárgy, eszköz (a honvédségi tűzoltó alegységek védő – felszerelésének kivételével). [40]

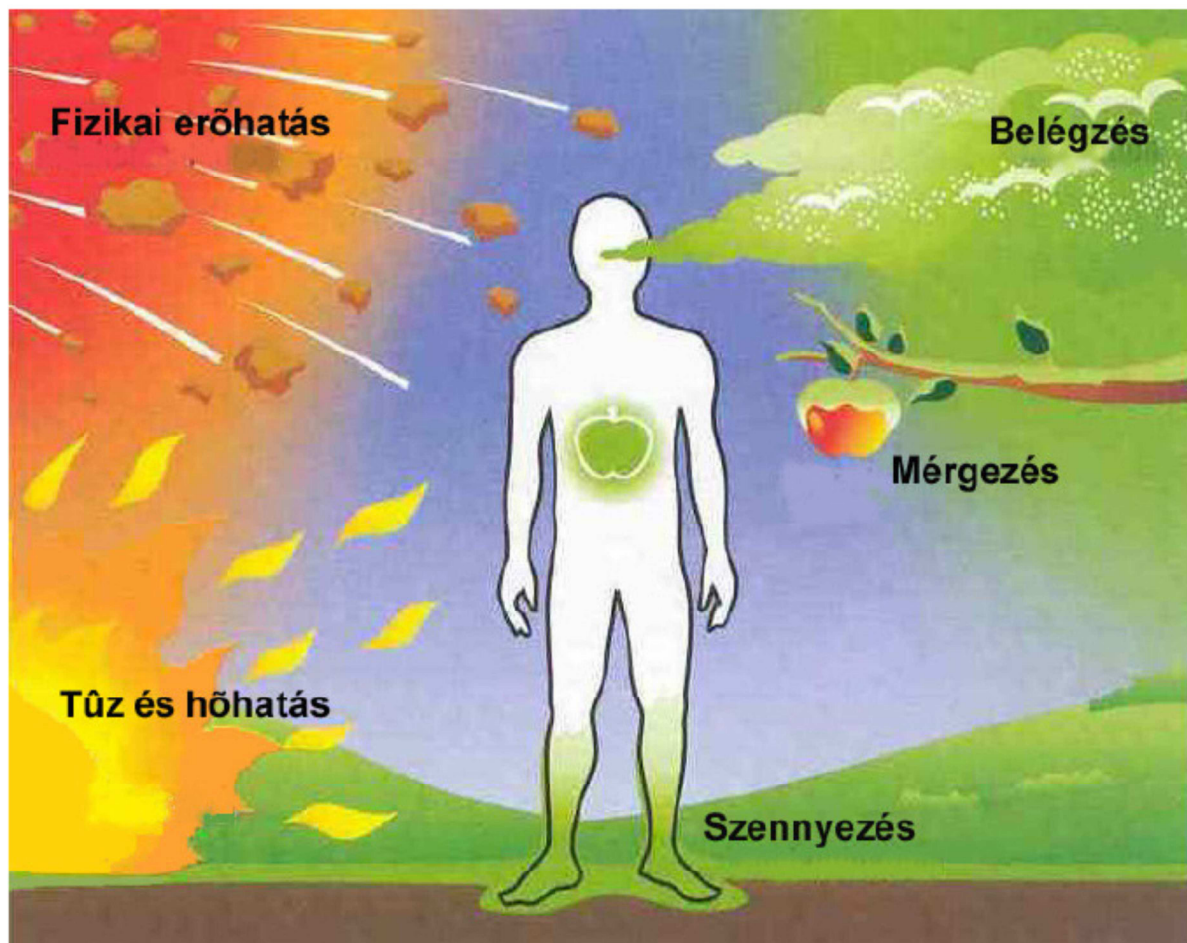
A katona harctéri védőeszközeinek a NATO előírásoknak megfelelő védelmet kell nyújtania, ezen kívül komfortosnak kell lennie és biztosítania kell a katona mozgását különböző terepviszonyok között, ezen kívül egyes felszerelések is a védőöltözetben kapnak helyet. [41]

I.3. MUNKAEGÉSZSÉGÜGYI SZEMPONTOK A ROBBANTÁSTECHNIKÁBAN

Ebben az alfejezetben bemutatom a katonai és ipari robbantástechnika és munkaegészségügy kapcsolódási pontjait.

Az utóbbi évtizedekben a robbantási feladatok végrehajtásakor is egyre jobban előtérbe kerülnek a munkavédelmi és környezetvédelmi szempontok. Ma már a cél a lehető legkisebb rombolás, a precíziós robbantási feladatok végrehajtása, a természetes és mesterséges környezet, a polgári lakosság és a munkavállalók, köztük a speciálisan kiképzett szakemberek maximális védelme a robbantási feladatok végrehajtása közben. Ezen célok többek között a munkavédelmi és munkaegészségügyi előírások betartásával és betartatásával is megvalósulnak, mert a munkahelyi biztonság és egészség védelmére, a munkahelyi kockázatok minimalizálására irányuló intézkedések az emberi erőforrások védelmeként a fenntartható fejlődés stratégiai elemei.

A következő ábra látványos összefoglalója a robbanás embere gyakorolt hatásai sokszínűségének.



15. ábra Robbanás hatása az emberi szervezetre [42]

I.3.1. KOCKÁZATOK AZONOSÍTÁSA A ROBBANTÁSI TEVÉKENYSÉG KAPCSÁN

A kockázatértékelésről szóló részben már említettem pár példát a robbantáskor előforduló kockázatok közül, ez szeretném most táblázatos formában felvázolni, vastagított betűvel kiemeltem azokat a témaköröket, melyeket a disszertációmban részletesebben elemzek.

2. táblázat Robbantási feladatok kapcsán előforduló egészségkárosító kockázatok (saját szerkesztésű táblázat)

| Károsító hatás | Egészségkárosodás | Védekezés |
|---|---|--|
| <i>Munkakörnyezet kialakítása, baleseti kockázat:</i> | | |
| kedvezőtlen klimatikus viszonyok | hideg, meleg, nedves környezet hatása | szellőztetés, hűtés, fűtés, védőital, pihenőidő |
| robbanás, légnyomás, repesz- és hőhatás mozgó – forgó, vágó alkatrészek lepattogó részecskék kéziszerszámok használata tárgyak esése, dőlése | sérülések | balesetvédelmi rendszabályok betartása, jelzések, műszaki intézkedések, rendszeres karbantartás, automatizálás védőeszközök: védőszemüveg, álarc, védőkesztyű, speciális védőruházat (EOD–9 ruha) |
| <i>Ergonómiai kóroki tényezők:</i> | | |
| túl nehéz teher, helytelen emelés kézi anyagmozgatás | mozgásszervi panaszok | helyes emelés, gépesítés, segédeszközök alkalmazása |
| kényszertesthelyzet | mozgásszervi panaszok | térdvédő, megfelelő előkészítés |
| speciális védőruházat (EOD–9) okozta megterhelés | kimerülés, hőterhelés, mozgásszervi panaszok | pihenőidő, védőital, megfelelő méretű felszerelés megfelelő alkalmazása, hűtés |
| <i>Kémiai kóroki tényezők:</i> | | |
| robbanóanyagok (TNT, hexogén, nitropenta, tetril, ammónium-nitrát stb. önállóan vagy keverékekben) | bőr és nyálkahártya irritáció szervspecifikus hatások | higiénés szabályok betartása védőeszközök (védőkesztyű, védőszemüveg, védőruházat, légzésvédő) |
| porok: robbanóanyagok pora, felrobbantott közetek, tárgyak részecskéi | légúti, bőr irritáció, gyulladás idült bronchitis szervspecifikus hatások | részecskeszűrő típusú légzésvédő: FFP3D/SL osztályú félálarc |
| robbanás során felszabaduló gázok (CO, HCN, NOx) | mérgezés, légúti irritáció | szellőztetési idő betartása, adott esetben légzésvédő |
| speciális esetben előfordulnak pl. IED – k töltetként egyéb vegyi anyagok (foszfor, ködsav, CBRN ágensek) | mérgezés, szervspecifikus hatások, fertőzések | felderítés higiénés szabályok betartása védőeszközök (védőkesztyű, védőszemüveg, védőruházat, légzésvédő) |
| <i>Fizikai kóroki tényezők:</i> | | |
| zaj (dörej) | akut akusztikus trauma, dörejártalom | egyéni hallásvédelem: fültok, fül dugó biztonsági távolság helyes meghatározása, terepviszonyok megfelelő kihasználása |
| hőterhelés | hőkimerülés, nehéz fizikai munka fokozza | hűtött védőruha (EOD – 9) |
| <i>Biológiai kóroki tényezők</i> | | |
| munkakörnyezetből adódóan kapcsolatba kerülhetnek szennyvízzel, állatokkal, ízeltlábúakkal pl. kullancs | marások, csípések, Lyme – kór, agyvelőgyulladás, gyomor-bélrendszeri fertőzések | védőoltás, rovarriasztó, rendszeres ellenőrzés, szükség esetén fertőtlenítés, védőruházat |
| <i>Pszichoszociális kóroki tényezők</i> | | |
| a munka fokozottan balesetveszélyes jellegéből adódó rendkívüli pszichés terhelés | kimerülés, abúzusok, stressz okozta pszichoszomatikus betegségek | megfelelő kiképzés, felkészítés, stresszoldó tréningek |

A tárgyalt témakörök kiválasztása kifejezetten a robbantással, vagy a robbanásos sérülések elleni védekezéssel kapcsolatos kizárólagos kockázati tényezőkre korlátozódott.

I.3.2. ROBBANTÁSI TEVÉKENYSÉGET VÉGZŐ SZEMÉLY ALKALMASSÁGI KÖVETELMÉNYEI

Az alkalmassági vizsgálatok elvégzésének alapvető célja, hogy megállapítsuk a munkavállaló arra való alkalmasságát, hogy tudja-e teljesíteni feladatait önmaga és mások veszélyeztetése nélkül, elősegítsük a munka adaptálását a munkát végző egyénhez, valamint minél korábban megállapítsuk a munka okozta elváltozásokat. [37]

Részletesebben:

A munkaköri és a szakmai alkalmasság vizsgálatának célja annak elbírálása, hogy a munkavállaló, illetve a tanuló:

a) a munkavégzésből és a munkakörnyezetből eredő megterhelés által okozott igénybevétele egészségét, testi, illetve lelki épségét nem veszélyezteti-e, nem befolyásolja-e egészségi állapotát kedvezőtlenül, nem okozhatja-e utódai testi, szellemi, pszichés fejlődésének károsodását;

b) esetleges idült betegsége vagy fogyatékossága a munkakör ellátása, illetőleg a szakma elsajátítása és gyakorlása során nem idéz-e elő baleseti veszélyt;

c) a járványügyi szempontból kiemelt jelentőségű munkakörökben, illetve szakmákban történő munkavégzés esetén személyi higiénés és egészségi állapota nem veszélyezteti-e mások egészségét, foglalkoztatható-e az adott munkakörben;

d) milyen munkakörben, illetve szakmában és milyen feltételek mellett foglalkoztatható állapotrosszabbodás veszélye nélkül, amennyiben átmenetileg vagy véglegesen megváltozott munkaképességű;

e) foglalkoztatható-e tovább jelenlegi munkakörében, illetve folytathatja-e tanulmányait a választott szakmában;

f) szenved-e olyan betegségben, amely miatt munkaköre ellátása során rendszeres foglalkozás-egészségügyi ellenőrzést igényel;

g) külföldön történő munkavégzés esetén egészségi szempontból várhatóan alkalmas-e az adott országban a megjelölt szakmai feladat ellátására. [43] [37]

A munkaköri alkalmassági vizsgálat a munkakör ellátása során különböző időpontokban történik:

Előzetes vizsgálatot kell végezni munkába lépést megelőzően, vagy munkakör megváltoztatása – fizikai munka, jelentős megterhelésbeli különbség és fiatalok

munkavállaló esetében – előtt, valamint két hetet meghaladó külföldi kiküldetés előtt. Fő célja a munkakörre való alkalmasság elbírálása valamint a munkavállaló munkakezdés előtt állapotának rögzítése az esetleges foglalkozásból eredő károsodások kiszűréséhez. Előzetes szakmai alkalmasság elbírálása arra irányul, hogy az adott személy a választott szakmára beiskolázható-e. [43] [37]

Időszakos vizsgálat a foglalkozási betegségek kiszűrése, munkabalesetek megelőzése, a fiatal és idősödő munkavállalók védelme. Az alábbi esetben kötelező:

- a 18. életévét be nem töltött munkavállalónál évente;
- az idősödő munkavállalónál – ha szigorúbb szabály nem vonatkozik rá – évente;
- egyes fizikai, kémiai kóroki tényezők hatásának kitett munkavállaló esetében meghatározott gyakorisággal, a vonatkozó rendelet alapján trinitrotoluollal dolgozó munkavállaló esetén félévente, nem veszi figyelembe a munkavégzés gyakoriságát;
- fokozottan baleseti veszéllyel járó munkakörben foglalkoztatott, ilyen tevékenységet – természetesen a robbantás ide tartozik – végző munkavállalónál 40 éves korig háromévenkénti, 40–50 életév között kétévenkénti, 50 év felett évenkénti gyakorisággal, feszültség alatti munkavégzésnél életkortól függetlenül évente;
- fokozott pszichés terhelésnek kitett munkavállalónál évente;
- pszichoszociális kóroki tényezők hatásának kitett munkavállalónál évente,
- külföldi munkavégzés esetén az előző esetekben (amennyiben az időszakos munkaalkalmassági vizsgálatok elvégzése külföldön nem biztosított) évente;
- biológiai tényezők hatásának kitett munkavállalónál és a járványügyi érdekből kiemelt munkakörökben dolgozó munkavállalóknál, illetve tevékenységet végző személyeknél évente;
- egyes esetekben külön jogszabály meghatározhat eltérő gyakoriságot, kiegészítő vizsgálatokat, de a munkahelyi körülmények ismeretében a foglalkozás – egészségügyi szakorvos is elrendelhet időszakos vizsgálatot, vagy rövidebb időszakot is megállapíthat. [43] [37]

Soron kívüli munkaköri alkalmassági vizsgálat kezdeményezése számos esetben előfordulhat:

- a munkavállaló, a tanuló vagy a hallgató, illetve az álláskereső egészségi állapotában olyan változás következett be, amely feltehetően alkalmatlanná teszi

az adott munkakör egészséget nem veszélyeztető és biztonságos ellátására, a szakma elsajátítására, illetve gyakorlására;

- heveny foglalkozási megbetegedés, fokozott expozíció, eszméletvesztéssel járó vagy ismétlődő munkabaleset előfordulását követően;
- a munkavállaló, tanuló vagy hallgató olyan rosszulléte, betegsége esetén, amely feltehetően munkahelyi okokra vezethető vissza, illetve 30 napos keresőképtelenséget követően;
- ha a munkavállaló előre nem várt esemény során expozíciót szenved;
- ha a munkavállaló munkavégzése – nem egészségi ok miatt – 6 hónapot meghaladóan szünetel. [43] [37]

Záróvizsgálatra van szükség, ha a munkavállaló állapotát rögzíteni kell külföldi munkavégzést követően, kordedvezményre jogosító munkakörök esetén és egyes fizikai, biológiai vagy kémiai kóroki tényezők esetén. [43] [37]

Robbantómesterek, robbantásvezetők esetében az alábbi szempontok szerint történik az alkalmasság elbírálása:

- kizáró ok, ha a munkavállaló: jó látást vagy ép hallást igénylő munka végzésére nem alkalmas, karok, kezek, ujjak használatát igénylő munkát nem végezhet, fokozott figyelmet igénylő vagy fokozottan balesetveszélyes munkát nem végezhet;
- korlátozó tényező, ha a munkavállaló: ép színlátást, jó tapintást igénylő munka végzésére nem alkalmas, kézi anyagmozgatással, tartós kényszertesthelyezettel, sok gyaloglással járó munka végzésére nem alkalmas, nehéz fizikai munkát nem végezhet, zajos, nedves, nyirkos, párás, poros, füstös, gázos munkahelyen munkát nem végezhet;
- csak bizonyos munkahelyen korlátozó tényező, ha a munkavállaló: változó hőmérsékletű munkahelyen, szabadban, szűk, zárt térben vagy föld alatt munkát nem végezhet. [44]

A Magyar Honvédség hivatásos és szerződéses katonáira külön jogszabályban (7/2006. HM rendelet) meghatározott alkalmassági követelmények vannak meghatározva. Minden katona potenciálisan kapcsolatban kerülhet robbanóanyaggal, ezért külön erre a kémiai expozícióra nincsenek különös előírások. Egyes beosztások esetén (pl. robbanóanyag minősítő laboratórium) minősíteni kell a beosztásokat a fokozottan veszélyes, valamint az egészségkárosító beosztások köréről, az azokhoz kapcsolódó részletes, valamint a csökkentett napi szolgálati időre vonatkozó szabályokról rendelkező 30/2004. (XII. 6.) HM rendelet alapján. A rendelet mellékletének 1.a pontja a 25/2000. EüM rendeletben szereplő vegyi

anyagok esetére rendelkezik, amelyben szerepel ugyan a trinitrotoluol, de a rendelet a járandóságokról szól és nem az egyéni védőeszközök vagy a kötelező alkalmassági vizsgálatok elrendeléséről. [45]

Kiemelt alkalmassági követelményeket a tűzszerész és aknakutató beosztásba kerülők vagy ilyen tevékenységet végzők esetében vizsgálnak:

A beosztásba helyezés előtti kiemelt minősítés követelményei:

- kiemelt egészségi alkalmassági követelményeknek való megfelelés (ebbe a csoportba tartoznak az ejtőernyősök, bűvárok);
- az idegrendszer kifogástalan állapota;
- kifogástalan látás és színlátás;
- hallásvizsgálattal igazolt ép hallás;
- a kéz ujjainak teljes épsége.

A beosztásba helyezést megelőző alkalmassági minősítés ellenjavallatai:

- a pszichés funkciók bármilyen eredetű károsodása;
- gyógyszer-, alkoholfüggőség, valamint pozitív drogszűrési eredmény;
- mozgáskoordinációs zavar, végtag tremor⁹;
- látóélesség csökkenés, a színlátás zavara;
- halláscsökkenés.

Az időszakos alkalmassági vizsgálatot két évente kell elvégezni. A tűzszerész és aknakutató egészségi állapotában bekövetkezett változás esetén kérésére, illetve az állományilletékes parancsnok vagy a csapatorvos kezdeményezheti a vizsgálat soron kívüli elvégzését.

Az időszakos alkalmassági minősítés követelményei:

- a látóélesség korrekciója olyan mértékű lehet, hogy a közeli látás Csapodi 4-nek feleljen meg;
- kifogástalan színlátás;
- élettani hallás mindkét fülön. Mérsékelt, 30 decibelt meg nem haladó beszéd halláscsökkenés, illetőleg 60 decibelt meg nem haladó csökkent hallás a magas frekvenciatartományban megengedhető.

A beosztás ellátásának ellenjavallatai:

- aktuálisan kialakult és várhatóan tartós vagy rosszabodó pszichés funkciókárosodás;

⁹ tremor: remegés

- a látásélesség elérhető optimális korrekciója sem teszi lehetővé a tárgyak egy mm – es részleteinek megbízható érzékelését;
- 30 decibelt meghaladó halláscsökkenés a beszédzónában;
- a végtagok vagy a kezujjak funkciókárosodását eredményező bármilyen eredetű kórállapot. [46]

A részletes és szigorú előírások kialakítása a tűzszerész munka speciális jellegéből következnek, de sajnos nem veszik figyelembe, hogy az ilyen beosztásban dolgozók nagy mennyiségű robbanóanyag expozíciónak vannak kitéve munkájuk során.

KÖVETKEZTETÉSEK

A robbantást, mint munkafolyamatot a rend- és honvédelemben, a katasztrófavédelemben, az iparban, de még a mezőgazdaságban is számtalan területen felhasználják. Alkalmazásához speciális végzettség és speciális egészségi alkalmassági követelményeknek való megfelelés szükséges. A robbantási feladatok kapcsán sok olyan egészségkárosító kockázati tényező lép fel, amellyel más munkakörnyezetben vagy munkavégzéskor nem találkozunk, ezek a robbanóanyagok toxikus hatásai vagy a robbanás során felszabaduló gázok.

A bűnös célú robbantások során viszont a robbantás megakadályozására hivatott szakembert próbáljuk meg a robbanás hatásaitól megvédeni. Ehhez ismernünk kell a robbanás, mint fizikai folyamat által kiváltott hatásokat az emberi szervezetben. A katonai védőeszközök egy speciális csoportja a tűzszerészek védelmét szolgálja, ennek legmodernebb tagja az EOD-9 típusú bombaruha. Sajnos abszolút védelem még nem létezik, de az említett védőeszköz rendelkezik a legnagyobb védelmi képességgel. Viszont, hogy ezt a képességet kialakítsák, még a legmodernebb alapanyagok alkalmazásával is egy rendkívül nehéz és ergonómiailag nagy megterhelést jelentő ruhát gyártottak.

Az első fejezetben bemutattam a robbantást alkalmazó területeket, a munkaegészségügy szakterület alapfogalmait, a kockázatértékelés folyamatát, a robbantást végzők egészségügyi alkalmassági vizsgálatait és a robbantástechnika kockázati faktorait, melyeket a második és a harmadik fejezetben részletesen is ismertetni fogok.

II. FEJEZET A ROBBANÓANYAGOK OKOZTA EGÉSZSÉGGÁROSÍTÓ KOCKÁZATOK ÉS PREVENCIÓJUK

A robbanóanyag olyan vegyület vagy keverék, amelyet meggyújtva vagy felrobbantva egy rendkívül gyors, heves kémiai reakció játszódik le, nagy mennyiségű gáz és hő képződésével, amelyet fény, hang és nagy nyomású lökeshullám kísér. A fekete füstű lőport időszámításunk szerint 800 körül Kínában már ismerték, de a ma széles körben elterjedt vegyületeket a XVIII. és XIX. században találták fel, mint gyógyszer vagy festék alkalmazták, és csak később derült fény tisztító hatásukra.

Az áttörést az első és a második világháború hozta, ekkor kezdték kiterjedten alkalmazni a haditechnikában és ekkor volt igény először a tömegtermelésre. Akkoriban a munkaegészségügy még kezdetleges volt, megfelelő ismeretek, jogszabályi háttér és munkáltató érdekeltségének hiánya miatt sokszor még a legalapvetőbb higiénés intézkedéseket is nehéz volt bevezetni és betartatni. A hadiparban főleg fiatalok, idősek és nők, az úgynevezett veszélyeztetett vagy sérülékeny csoportok dolgoztak. 1941-ben egy lőszergyárban 12 hónap alatt 495 enyhébb és 15 súlyosabb TNT mérgezettet regisztráltak, a súlyosabb esetek 40%-a meghalt, más közlemények megemlítik, hogy az első világháború alatt összesen 17 000 mérgezés (ebből 475 halálos kimenetelű) történt az Egyesült Államokban. Ma már a szigorú munkavédelmi és higiénés előírások miatt mérgezés előfordulása ritka. [47]

Az első robbanóanyag mérgezés történelmi leírása 1881-ből származik. Sztjepan Halturin, az oroszországi munkásmozgalom egyik úttörője, az Orosz Munkások Északi Szövetsége pétervári csoportjának vezetője a cári önkényuralom megdöntését tűzte ki céljául, és ezt úgy akarta elérni, hogy merényletet kísérelt meg II. Sándor cár ellen.

Részlet Edvard Radzinszkij: II. SÁNDOR Az utolsó nagy cár című könyvéből:

„Hogy az alagsorból indított robbantással áttörjék a Téli Palota gránitfödémeit, Sirjajev–Kibalsics számításai szerint legalább nyolc pud dinamitot kellett összegyűjteni.

És Halturin tovább hordta a dinamitot a palotába. „A munka befejezése után minden reggel – meséli Halturin – elmentem, és egy kis adag dinamitot vittem a palotába, amit a párnám alá rejtettem. Féltem többet vinni, nehogy gyanút keltsek. Elég gyakran átkutatták a holmijainkat, de (szerencsémre!) annyira felületesen, hogy senkinek sem jutott eszébe

felemelni a párnámat, ami a végemet jelentette volna. Igaz, hogy jó viselkedéssel abszolút bizalmat keltettem magam iránt.”

Ám ha az ember dinamiton alszik, azért meg kell fizetni. A nitroglicerin nagyon mérgező anyag, erősen párolog, gőzének belélegzése megmérgezi a vért. És a mérgező gőztől Halturin szeme majd kiugrott a helyéről. A délceg férfit szörnyű fejfájás kínozza, a minap még pirosposzsgás arca földszínűvé vált.

Halturin azonban rájött a megoldásra: vett egy nagy ládát, amelyet az alagsorba szállított. Társainak, a csodálkozó asztalosoknak azt mondta, hogy nőszülni készül. És most kelengyét vásárol a menyasszonyának. Szerencsére jutalmat kapott a jó munkájáért... És a kelengyét a ládában akarja őrizni. Most már a beszerzett női ruhák és különböző rongyok alatt nagy mennyiségű dinamitot tudott tárolni. A későbbiek során a dinamittal megrakott ládának a pokoli masina szerepét kellett játszania.” [48]

II.1. A ROBBANÓANYAGOK FOGALMA, CSOPORTOSÍTÁSA

A robbanóanyagok toxikológiai tulajdonságainak ismertetése előtt szeretnék néhány alapfogalmat tisztázni, a robbanóanyagok különböző szempontok szerinti osztályozását bemutatni.

II.1.1. ROBBANÓANYAGOK ÉS ROBBANÁSRA KÉPES ANYAGOK

Robbanásra képes anyagok: mindazok az egy vagy több komponensű anyagok vagy anyagkeverékek (halmazállapotuktól függetlenül), melyek bizonyos körülmények között kémiai robbanásra képesek. Ezek nagy része instabilis, viselkedése kiszámíthatatlan, kezelése veszélyes. [49]

Robbanóanyagok: azok a polgári vagy katonai célokra használt, robbanásra képes anyagok, melyek viselkedése jól ismert és kiszámítható, kezelése, tárolása, felhasználása az előírt rendszabályok betartásával biztonságos. A robbanóanyagok kémiai szempontból metastabilis állapotban vannak, megfelelő aktiválás hatására gyors kémiai reakció játszódhat le bennük a légköri oxigén nélkül. [49]

Pontosabb meghatározás viszont a következő:

Robbanóanyagnak az olyan „GYAKORLATILAG HASZNOSÍTHATÓ” vegyületeket (elegyeket, olvadékokat) nevezzük, amelyek a megfelelő KEZDŐGYÚJTÁS (aktiválási energia) hatására bekövetkező ÖNFENNTARTÓ (exoterm) KÉMIAI ÁTALAKULÁS (reakció) során, HIRTELEN (százezred másodperc alatt), MAGAS HŐMÉRSÉKLETŰ és IGEN NAGY

NYOMÁSÚ, főleg GÁZTERMÉKEKKÉ alakulnak át, melyek kiterjedésük közben rendkívül nagyteljesítményű MUNKÁT végeznek, és KÖRNYEZETI HATÁST váltanak ki.” [2]

II.1.2. LEGFONTOSABB ROBBANÓANYAGOK CSOPORTOSÍTÁSA FELHASZNÁLÁS SZERINT

Iniciáló robbanóanyagok: olyan érzékeny robbanóanyagok, amelyekben nem csak a lökéshullám, hanem egyéb energiaforrás (szúróláng, sűrűlódás, gyenge ütés, felmelegedés stb.) is kiválthatja a detonációt. Robbanásukkor viszonylag kevés nagyterefogatú gáz keletkezik, ezért önmagukban robbantási tevékenységre nem használják őket. Elsősorban a brizáns robbanóanyagok detonációjának előidézésében van fontos szerepük. Pl.: ólom-azid, ólom-tricinát, tetrazén, higany-fulminát.

Brizáns robbanóanyagok: robbanásuk normál körülmények között csak megfelelő erősségű lökéshullámmal (aktiválási energiával) – pl. gyutacs vagy másik robbanóanyag töltet robbanásának hatására – idézhető elő. Viszonylag nagy detonációsebességük és a robbanásuk során keletkező jelentős mennyiségű (terefogatú) gázképződés miatt az ipari és a katonai gyakorlatban kiemelt jelentőséggel bírnak.

- alacsony brizanciájú: ammónium-nitrát alapú robbanóanyagok, robbanóiszapok, zagyok és gélek;
- normál brizanciájú: trinitrotoluol;
- nagy brizanciájú: nitroglikol, nitrocellulóz, nitropenta, hexogén, oktogén, dinamitok.

Toló hatású (ballisztikus) robbanóanyagok: stabil és gyors az égésű, de ez az égés általában nem megy át detonációba (az anyag csak explodál). Elsősorban lőfegyverek, lőpor-hajtóművek céljára, valamint speciális bányászati tevékenységre (pl. márványbánya) használatosak. Pl. fekete-, gyérfüstű-, kompozit lőporok. [2]

Pirotechnikai elegyek: hangjelző, fényjelző, füstjelző és világító elegyek. [11] [49]

Értekezésemben a katonai gyakorlatban és az iparban nagy mennyiségben felhasznált brizáns robbanóanyagok kerülnek bemutatásra.

II.1.3. A ROBBANÁSRA KÉPES ANYAGOK CSOPORTOSÍTÁSA KÉMIAI ÖSSZETÉTELÜK ALAPJÁN

Nitro-vegyületek és nitrátok:

- Nitrátok: bizonyos hidrazónium-nitrátoktól eltekintve tiszta állapotban önmagukban nem robbanóanyagok, hanem oxidálószerke. Éghető anyagokkal kombinálva robbanásveszélyes keveréket alkotnak pl. ammónium-nitrát.

- O-nitro vegyületek: salétromsav-észterek. Alacsony relatív molekulatömegű származékok folyadékok vagy alacsony olvadáspontú szilárd anyagok. Mérsékelt hőálló vegyületek, vízben lassan hidrolizálhatnak, spontán autokatalitikus bomlásra hajlamosak. Ha a molekulában található C-atomok száma megegyezik a nitrocsoportok számával, akkor a vegyület mechanikai behatásokra nagyon érzékeny, pl. glicerin-trinitrát, nitropenta, nitrolikol, nitrocellulóz.
- C-nitro vegyületek: az alifás C-nitro származékok a jelenlegi gyakorlatban csak kis mennyiségben használt anyagok. Abban az esetben, ha a molekulában található nitrocsoportok száma megegyezik a szénatomok számával, vagy meghaladja azt, ütésérzékenység várható. Aromás nitrovegyületek közé tartoznak jelenleg a legnagyobb mennyiségben gyártott és használt ipari és katonai robbanóanyagok. Általában aromás gyűrűként 3–4 nitrocsoportot tartalmaznak, pl. trinitrotoluol, pikrinsav.
- N-nitro vegyületek (nitraminok): általában viszonylag nehezen előállítható, mikrokristályos, bizonyos fokig ütésérzékeny vegyületek, a nagy mennyiségben gyártott robbanóanyagok között a legnagyobb sűrűségűek és legnagyobb érzékenységűek. Közülük kerülnek ki a legdrágább, különleges alkalmazásra kerülő robbanóanyagok fő komponensei pl. hexogén, oktogén, tetril.

Klorátok, perklorátok:

Önmagukban nem robbanóanyagok, hanem erős oxidálószer. Oxidálható anyagokkal keverve már kis mechanikai vagy termikus hatásra is heves robbanás játszódhat le. Pirotechnikai keverékekben jelentős mennyiségben található. Az oxidálható anyag lehet a perklorátion ellenionja. Ebbe a csoportba tartozik pl. az ammónium-perklorát.

Peroxidok:

A szerves peroxidok közül a legjelentősebb a hidrogén-peroxid, mely önmagában nem robbanóanyag, hanem oxidálószer. Töményebb hidrogén-peroxid (90%-os) és éghető anyagok keveréke gyakran spontán meggyullad vagy robbanóelegyet alkot. Szerves peroxidok közül különösen azok veszélyesek, melyek éter típusú vegyületekből képződnek tárolás során. Ezek termikusan labilis, önmagukban is robbanékony vegyületek, pl. triaceton-triperoxid.

Azidok:

A szerves vegyületek között különösen veszélyesek a nehézfémek azidjai, melyek termikus és mechanikus behatásokkal szemben is labilis vegyületek. Vizes oldatokból

általában csapadék formájában leválnak. A képződő csapadék kezelése veszélyes, csak kis mennyiséget állítanak elő egyszerre. Közülük néhányat, mint iniciáló robbanóanyagot alkalmaznak, pl. ólom-azid.

Acetilidek:

Nehézfém-sók vizes oldatából képződhetnek acetilén-bevezetés hatására. Az azidokhoz hasonló, azoknál még labilisabb vegyületek.

Fulminátok:

Durranósav sói, legismertebb képviselője a higany-fulminát, amelyet iniciálásra alkalmaznak. [49]

II.1.4. A ROBBANÓANYAGOK CSOPORTOSÍTÁSA A KOMPONENSEK SZÁMA SZERINT

Egynemű, vagy alap robbanóanyagok: egy fő komponensből, esetleg kis mennyiségű adalékanyagokból (pl. színezékek) állnak, melyek nem változtatják meg az alapvető tulajdonságait.

Keverék vagy összetett robbanóanyagok: több típusú robbanóanyagból vagy nagyobb mennyiségű, a robbanóanyag fizikokémiai és robbanási tulajdonságait módosító adalékanyagokból (pl. érzékenyítő alumíniumpor, üveggyöngy vagy a plasztikus robbanóanyagoknál alkalmazott sztirol-butadién stabilizátor) állnak. A felhasználásra kerülő termékek általában ebbe a csoportba tartoznak.

Típusai:

- Legalább egy alkotó önmagában is robbanóanyag (ilyenek lehetnek pl. a különböző TNT tartalmú ipari robbanóanyagok);
- Nincs benne egyedül robbanásra képes alkotó (pl. a fekete lőpor, aminek egyetlen alkotója sem képes robbanásra önmagában). [50]

Leggyakrabban alkalmazott keverék robbanóanyagok:

TNT bázisú keverékek:

- Hexotol (30% hexogén, 70% trotil);
- Amatol (82% ammónium-nitrát, 12% TNT);
- Teritol (30% tetril, 70% TNT).

Plasztik típusú robbanóanyagok:

- Semtex A: bontáshoz, romboláshoz használják (49,8% PETN, 50,2% RDX);
- Semtex H: fémek erősítésére, rögzítésére használják (94,3 PETN, 5,7% RDX);

- Composition-4: 91% RDX, 2,1% poli-isobutilén, 1,6% motorolaj és 5,3% 2-etilhexil-acetát.

Ammónium-nitrát alapú készítmények:

- ANDO, ANDO-prill: ammónium-nitrát és gázolaj keveréke;
- Paxit: ammónium-nitrát, TNT, dinitro-toluol, faliszt, orsóolaj;
- Lambrex 1: ammónium-nitrát alapú emulziós robbanóanyag;
- Permon: ammónium-nitrát, TNT;
- Ammonál: ammónium-nitrát, TNT, alumíniumpor.

Dinamit típusú készítmények:

- Danubit 2: nitroglikol, nitroglicerin, dinitro-toluol, nitrocellulóz, ammónium-nitrát;
- AustroGel G1: nitroglikol, ammónium-nitrát, emulgeátor. [50] [51]

II.2. A ROBBANÓANYAGOK TOXIKOLÓGIAI JELLEMZŐI

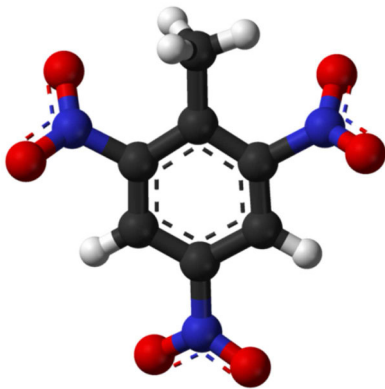
A következőkben a nagyobb mennyiségben felhasználásra kerülő robbanóanyagok jellegzetességeit és az emberi szervezetre gyakorolt hatásait foglaltam össze. Nem kerülnek tárgyalásra az igen kis mennyiségben alkalmazásra kerülő iniciáló robbanóanyagok, mint ólom-azid, higany-fulminát vagy tetrazén, mivel a gyutacsban zárt rendszerben, kiszóródás lehetősége nélkül alkalmazzuk őket, Magyarországon gyutacs gyártás nincs. Nem foglalkozom sem a különböző adalékanyagok jellemzőivel pl. gázolaj, üveggyöngy vagy alumíniumpor, sem a pirotechnikai termékekkel, ezek tárgyalása meghaladná a dolgozat kereteit.

II.2.1. TRINITROTOLUOL (CAS¹⁰: 118-96-7)

A trinitrotoluolt, más néven TNT-t, vagy trotilt 1863-ban J. Wilbrand, svéd kémikus fedezte fel. Sárga, szagtalan, kristályos anyag, melyet a felhasználáshoz olajjal, viasszal kevernek. Ütésre, hevítésre nem robban, magas hőfokon elég. Olvadáspontja 81°C, 20°C-on már jelentős a kipárolgása. Vízben nem oldódik, napfény hatására barnul. Oldódik acetonban, benzolban, toluolban és kénsavban. Fémekkel nem reagál. Elpuffanásponja 300 °C. Detonáció sebessége 6990 m/sec. Toluol és salétromsav felhasználásával gyártják. Oxigénegyenlege negatív, robbanásakor nagy mennyiségű szén-monoxid termelődik. Préselt vagy öntött formában alkalmazzák önállóan vagy lövedékek, bombák, aknák töltésére. Egyes

¹⁰ CAS: Chemical Abstracts Service, vegyi anyagok kémiai szerkezet alapján történő regisztrációs rendszere.

készítményekben ammónium-nitráttal (Amatol, Ammonál), hexogénnel (Hexotol) vagy tetrillel (Tetritol) keverik. [2] [52] [50] Önállóan öntött vagy préselt formában alkalmazzák. Az önálló trotilszelencéket paraffin – réteggel vonják be, papírba csomagolják, majd újabb paraffin-réteggel borítják. [53]



16. ábra A TNT molekula szerkezete [54]



17. ábra 400 g-os préstest [52]

Mérgeződés lehetséges gyártás, csomagolás, raktározás, felhasználás során, ezért előre kiszerezelt, speciális papírba csomagolt formában történik a használata. Por formájában részecskéi a levegőbe, talajba, felszíni és felszín alatti vizekbe kerülnek, ahonnan könnyen a szervezetbe jutnak. Levegőbe kerülve ülepedése lassú.

Talajban perzisztál, növényekben akumulálódik, a táplálékláncba kerül, de közvetlenül is belélegezhető a szálló porral. Felszíni vizekben egy része napfény hatására gyorsan lebomlik, a másik részét mikroorganizmusok lassan metabolizálják, ivóvízben is megjelenhet. [55]

Az emberi szervezetbe felszívódása por, melegítéskor gőz formájában a tüdön, bőrön keresztül történik, de szájon keresztüli bejutás is lehetséges szándékos lenyelés vagy munkahelyen kontaminált kézzel történő evés, dohányzás közben. A második világháborúban a legsúlyosabb mérgezések a melegített, folyékony halmazállapotú TNT kezelésekor, töltésekor fordultak elő, főleg nők esetében. Kiválasztása kis részben eredeti formában a tüdön át, nagyobb részben a vizelettel 2,6-dinitro-4-hidroamilamino-toluol, illetve 4,6-dinitro-2-hidroamilamino-toluol formájában történik. Gyorsan kiürül a szervezetből, felezési ideje kevesebb, mint két óra. [55] [56]

Biokémiai célpontja a vörösvértestben lévő vérfesték vastartalmú hem alkotórészének képzésében részt vevő két enzim: az ALA (alfa-linolénsav)-szintáz és a hem-szintáz. [55]

Hatásai: [47] [57] [56] [55]

1. általános tünetek: sokszor hiányoznak, vagy csak későn, már a súlyos mérgezés kialakulásakor jelentkeznek. Előfordulhat fáradékonyság, étvágytalanság, hányinger, hasi görcsök, fejfájás, ritkán szívdobogásérzés, torokfájás, köhögés, terhelésre jelentkező nehézlégzés, nyugtalanság.
2. helyi irritáció: nyálkahártya és légúti irritáció, gégevizényő, bőrgyulladás, a bőr sárga elszíneződése előfordulhat, ezt a hatást a TNT-t szennyező anyagoknak pl. tetranitrometán, dinitrobenzol tulajdonítják egyes irodalmi források.
3. vérképzőrendszeri hatások: hemolízis¹¹, methemoglobinémia¹², nitro-hemoglobinémia¹³ alakul ki a leggyorsabban, mely miatt a vér oxigén-szállító kapacitása lecsökken, ez dózisfüggő hatás, a légtér vegyi anyag koncentrációjától függ. A vörösvértestek kórosak lesznek, különböző méretű és alakú vörösvértestek alakulnak ki, de Heinz-testek nem képződnek, a reticulocytaszám¹⁴ megnő. A csontvelő először túlburjánzik, hogy kielégítse a megnövekedett igényt, majd sorvad, sejtsejtszegény lesz, kialakul az aplasticus anaemia¹⁵. Mindhárom sejtvonal (vörösvértest, fehérvérsejt, vérlemezke) érintett. Késői hatásai a krónikus oxigénhiány miatti szervkárosodások, fokozott hajlam a fertőzésekre, vérzékenység. A hemolízis miatt a lép megnagyobbodik.
4. gyomor-bélrendszeri hatások: gyomornyálkahártya-irritáció, gyulladás, krónikus emésztési zavarok miatt étvágytalanság, hányinger, fogyás alakul ki.
5. májkárosodás: legsúlyosabb esetben sárga májsorvadás, májelégtelenség vagy májsugorodás fejlődhet ki, gyakran párhuzamosan a vérképzőszervi hatásokkal. Első laboratóriumi eltérések a laktát-dehidrogenáz (LDH)¹⁶, az alkalikus-foszfataz (ALP)¹⁷ és a szérum glutaminsav-oxálecetsav transzamináz (SGOT)¹⁸ emelkedés, sárgaság, a

¹¹ Hemolízis: vörösvértestek szétesése, melynek következtében alkalmatlanok lesznek az oxigénszállításra a szövetekhez.

¹² Methemoglobiémia: a keringő hemoglobinban, a vörösvértestek oxigént szállító ún. vérfestékében a vas a szokványos redukált ferro (Fe^{2+}) helyett ferri (Fe^{3+}) formában van jelen, így képtelen az oxigénszállításra.

¹³ Nitro-hemoglobiémia: a vérfestékhez nitrátcsoport kapcsolódik, amely szintén a funkcióját, az oxigénszállítást károsítja.

¹⁴ Reticulocytaszám: a reticulocyták a vörösvértestek közbenső fejlődési alakja, mely a vörös csontvelőből kilökődve már normálisan is megjelenik a vérkeringésben, fokozott vörösvértest képződésnél az érett vörösvértestekhez képest az aránya megnő.

¹⁵ Aplasticus anaemia: a csontvelői sorvadás következtében minden vérsajt típus mennyisége csökken.

¹⁶ Laktát-dehidrogenáz: a cukor anyagcsere egyik legfontosabb enzime, szövetkárosodáskor emelkedik a szintje.

¹⁷ Alkalikus-foszfataz: fehérjékről, nukleotidokról hasít le foszfátcsoportot, főleg máj és csontbetegségekben emelkedik a szintje.

¹⁸ Szérum glutaminsav-oxálecetsav transzamináz: májenzim, májsajt károsodáskor emelkedik a szintje.

szérum bilirubin¹⁹ szint kismértékű emelkedése, vizelet barnásvörös elszíneződése a fokozott urobilinogén²⁰ ürítés miatt. A máj megnagyobbodik, érzékeny. Expozícióból való kiemelés után gyors javulás várható, de a kialakult májsugorodás nem fejlődik vissza. A halálos kimenetelű mérgezések esetén a halál oka májelégtelenség. Fontos megemlíteni, és a TNT-vel dolgozó munkások, katonák figyelmét fel kell hívni arra, hogy az alkohol és a trotyl potenciózzák egymás májkárosító hatását.

6. szív-érrendszeri hatások: ritkán az expozíció után alacsony vérnyomás, EKG elváltozások (lapos T-hullám, ST-depresszió) észlelhetők feltehetőleg a felszabaduló nitrogén – monoxid közvetlen értágító hatása miatt. Az erek belhártyájának károsodása miatt akut toxikus vérzékenység, testszerte pontszerű bevezések alakulhatnak ki.
7. vese: az irodalomban minimális degeneratív elváltozást írtak le, sárgásbarna pigmentlerakódást a vesekéregben, de funkcionális károsodás nem jelentkezett.
8. szem: szürkehályog²¹ jelentkezhet főleg idült mérgezés esetén, általában az expozícióban eltöltött évektől (3–10 év) függ a megjelenése, a szemlencse középpontjában kör alakú, vagy perifériásan körkörös, illetve sarló alakú szürkésfehér homály alakul ki szimmetrikusan mindkét oldalon, progrediál a munkakörnyezet TNT koncentrációjának függvényében. [58]
9. bőr, haj: haj barnásvörös, kézujjak, körmök sárgás elszíneződése nem jelent mérgezést, csak expozíciót, a beteg további vizsgálata szükséges. Irodalmi adatok szerint a fekete hajúak ellenállóbbak. [59]
10. idegrendszer: idegrendszeri károsító hatást nem írtak le.
11. késői toxikus hatások: az IARC²² monográfiája szerint nem rákkeltő, egy esetben fordult elő a mérgezettnél fehérvérűség, amit a robbanóanyag benzollal történő szennyeződésének tulajdonítottak, állatkísérletes adatok alapján húgyhólyag rák, leukémia, májrák alakult ki évekig TNT-vel etetett egerekben és patkányokban. [60] [61] [62]

¹⁹ Bilirubin: epefesték, a vérfesték lebomlásakor keletkezik, fokozott vörösvértest széteséskor és májbetegségekben is megemelkedik a mennyisége, a bőr sárga elszíneződését ez okozza.

²⁰ Urobilinogén: a bilirubin átalakulásakor keletkezik, így tudja kiüríteni a szervezet a vizelettel, ez adja a vizelet jellegzetes színét.

²¹ Szürkehályog: a szem legfontosabb fénytörő közegének elfajulása, emiatt látásromlás, súlyosabb esetben vakság alakul ki.

²² IARC: Nemzetközi Rákkutató Ügynökség.

3. táblázat Az eddigi irodalomban megjelent esetek és kísérletek során észlelt hatások emberben és állatokban [55]

| Bejutás módja | Hatások | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------|----------|----------|---|--------------------------|---------------|------------|------------|-----------|-----|
| | Szisztémás | | | | Immun/ Vérképzőszervi | Idegrendszeri | Ivatszervi | Növekedési | Genetikai | Rák |
| Halál | akut | szubakut | krónikus | | | | | | | |
| Ember | | | | | | | | | | |
| Belélegzés | | | X | X | X | | | | | |
| Szájon keresztül | | | | | | | | | | |
| Bőrön át | X | X | X | X | X | | | | | |
| Állat | | | | | | | | | | |
| Belélegzés | | X | | | | | | | | |
| Szájon keresztül | X | X | X | | X | X | X | | | X |
| Bőrön át | | X | | | | | | | | |

A tünetek késleltetve jelenhetnek meg, sokszor az expozíció után néhány hét, hónap múlva. Expozícióból való kiemeléskor a spontán regenerálódási készség és gyógyulás esélye nagy, de ismétlődő mérgezéskor maradandó elváltozások, májzsugorodás és vérszegénység fejlődhet ki.

Irodalmi adatok szerint, ha a dolgozó $1,5 \text{ mg/m}^3$ feletti koncentrációjú légtérben egy órán keresztül tartózkodik, a májkárosodás első jelei (SGOT, LDH emelkedés) mindenképpen jelentkeznek, reverzibilis elváltozás, de az ismételt expozíció krónikus mérgezéshez vezethet. Más adatok szerint $0,5 \text{ mg/m}^3$ alatt nem alakul ki elváltozás, de $0,8$ feletti, vagy tartósan elszennvedett $0,6$ feletti légtér-koncentráció esetén már megjelennek az enzim-eltérések. [55]

A diagnózist a klinikai tünetek, a laboratóriumi elváltozások és a TNT expozíció bizonyítottsága alapján állítjuk fel. Első teendő az expozícióból való kiemelés, további mérgezés lehetőségének megakadályozása, szükség esetén dekontaminálás, tüneti kezelés a kialakult kórképnek megfelelően, specifikus antidotum²³, terápia nincs. A megelőzésre vonatkozó információkat külön alfejezetben tárgyalom. [56]

²³ Antidotum: specifikus ellenszer, egyes mérgezések esetén a mérgek hatását képesek felfüggeszteni pl. szerves foszforsav-észter mérgezés esetén az atropin.

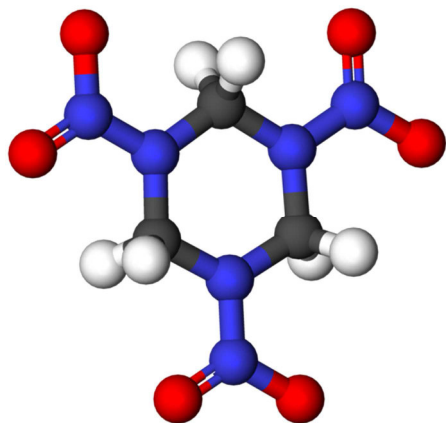
II.2.2. HEXOGÉN (CAS: 121–82–4)

A hexogént – melyet RDX (Research Department Explosive vagy Royal Demolition Explosive), cyclonite, 1,3,5-trinitro-1,3,5-triaza-ciklohexán, ciklotrimetilén-trinitramin megnevezésekkel is alkalmaznak – 1899-ben a német Hans Henning találta fel gyógyászati célokra. Az 1920-as években fedezték fel, hogy robbanóanyagként viselkedik, a második világháborúban már széles körben alkalmazták és ma is az egyik legelterjedtebb mind katonai, mind az ipari felhasználás területén.

Nagyerejű robbanószer, a plasztik típusú készítmények (kb. 75 termék) pl. C4, semtex alapanyaga. Apró kristályos, fehér, íztelen, szagtalan, vízben nem oldódó. Fehér lánggal ég, égése átmehet detonációba. Fémekkel nem reagál. Mechanikai behatásokkal szemben érzékenyebb mint a TNT. Olvadáspontja 203,5 °C. Jól préselhető. Alkoholban, éterben nem, acetonban, salétromsavban jól oldódik. Elpuffanásponjtja 230°C. Detonáció sebessége 8380 m/s. Erősen mérgező, már kis mennyiségben is halálos patkányméreg. Hexamin, ammónium-nitrát, jégecet és salétromsav felhasználásával gyártják, szűrik, kristályosítják (Bachmann-technológia). Nem fordul elő a természetben.

Alkalmazzák: tüzérségi gránátokban, kumulatív töltetekben, tiszta állapotban gyutacsokban. Fűtőanyagként is felhasználható, de patkányirtó szerként is bevált. [52] [2] [50]

Mérgeződés lehetséges gyártás, csomagolás, raktározás, felhasználás során. Kipárolgása során részecskéi a levegőbe, talajba, felszíni és felszín alatti vizekbe kerülnek, ahonnan könnyen a szervezetbe jutnak. Robbantás során mérgező égéstermékek (szén-monoxid) keletkeznek, ezért a területet csak a robbantási technológiában előírt szellőztetési idő után szabad megközelíteni. [63]



18. ábra A hexogén molekula szerkezete [64]



19. ábra SEMTEX H [52]

Talajt, kőzeteket és a vizeket kontaminálja és hosszú ideig megmaradhat, koncentrálódik a növényekben, a talajban élő gerinctelenekben és a vízi élőlényekben, a táplálékláncba kerül, de közvetlenül is belélegezhető a szálló porral. Természetes vizekben, talajban anaerob és fotoszintetizáló baktériumok metabolizálják, lebomlásakor MNX (hexahydro-1-nitroso-5-nitro-1,3,5-triazin, CAS:5755-27-2), DNX (hexahydro-1-nitroso-3,5-dinitro-1,3,5-triazin, CAS:80251-29-2) és TNX (hexahydro-1-nitroso-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazin, CAS:13980-04-6) keletkezik. Végül metanol, hidrazin, formaldehid, nitroaminok, nitrátok és szén-dioxid keletkeznek, melyek mérgezik a környezetet és a vízbázist. Szennyezett környezet lehetséges a robbanóanyag gyártó üzemek, gyárak területén, környékén, gyakorlótereken. Aktív szénszűrős víztisztító eljárásokkal eltávolítható az ivóvízből. Vízben felezési ideje 9–13 óra, levegőben 1,5 óra, fotokémiai reakció révén bomlik. [63]

Az emberi szervezetbe felszívódása por, gőz formájában a tüdőn, bőrön keresztül történik, de orális bejutás is lehetséges szándékos lenyelés vagy munkahelyen kontaminált kézzel történő evés, dohányzás közben. Ép bőrön nagyon lassan adszorbeálódik, munka utáni alapos kézmosás csökkenti az expozíciót. Nagyobb jelentősége a sérült bőrön keresztüli felszívódásnak van, ezért nagyon fontos a robbanóanyagokkal való munka közbeni sérülés alapos tisztítása és ellátása. Leggyorsabban a tüdőn keresztül kerül be a szervezetbe, foglalkozási mérgezés, idegrendszeri károsodás általában így alakul ki. Kiválasztása a vizelettel és a léggéssel változatlan formában történik. Pár nap alatt kiürül a szervezetből. Véréből és vizeletből kimutatható, de szintje nem korrelál a felszívódott mennyiséggel, viszont szoros az összefüggés a klinikai tünetekkel és a laboratóriumi eltérésekkel. [55]

Állatkísérletek során megállapították, hogy a vegyület biokémiai célpontjai sejtekben a különböző anyagcsere folyamatokért felelős kataláz, glutation-reduktáz, glutation-peroxidáz, glutamil-cisztein-szintáz és a kolinészteráz enzimek. [55]

Hatásai: [63] [65] [66]

1. általános tünetek: gyengeség, általános rossz közérzet, hányás, fogyás.
2. idegrendszer: nagy dózisú akut mérgezés esetén hányás, szédülés, fejfájás, repetitív, teljes testre kiterjedő tónusos – clonusos görcsrohamok, remegés, izomrángások, izgatottság, irritabilitás jelentkezik, később tompultság, eszméletvesztés alakulhat ki, a beteg később a történetekre nem emlékszik. Nem észleltek idegrendszeri károsodást alacsony dózisú, hosszú távú exponálódás esetén. Pár nap, hét alatt gyógyul,

maradandó elváltozás nem marad vissza. Az agyvízben a felszívódást követő 24 óra múlva a legmagasabb a szintje, 72 óra múlva már nem mutatható ki, nem halmozódik fel. A kivizsgálás során, EEG²⁴, CT²⁵, MRI²⁶ eltérést nem találtak. Roham után emelkedett CK²⁷-t, LDH-t mértek, a vizeletben myoglobint²⁸ volt, amely eltérések az izomsérüléseknek tulajdoníthatók.

3. légutak: fokozott érzékenység, foglalkozási asztma, krónikus bronchitis, ritkán tüdőgyulladás, tüdővízenyő is kialakulhat.
4. vérbérendszerei hatások: inhalációs mérgezés esetén hematológiai eltérést nem észleltek, szájon keresztüli felszívódásnál átmeneti vérszegénység, fehérvérsejtszám-emelkedés jelentkezett, exponált majmokban degenerált megakaryocytákat²⁹ találtak következményes vérlemezke-szám csökkenéssel. Lépben vérbérendezés megindulását észlelték, normálisan csak vörös csontvelőben történik.
5. gyomor-bérendszerei hatások: hányinger, hányás, hasi diszkomfort jelentkezett, szövettani eltérést nem találtak.
6. májkárosodás: egyes esetekben kissé emelkedett enzimértékeket (SGOT) mértek, de szerkezeti elváltozást nem mutattak ki, különösen nagy dózis esetén zsíros elfajulás alakult ki.
7. szív-érendszerei hatások: szívizom elfajulást, szívizom – növekedést észleltek állatkísérletekben. Nagy dózisú mérgezés esetén ritmuszavar fordult elő.
8. vese: lehetséges vesekárosodás (papillanecrosis), következményes fehérjevételés, vételés, azotémia³⁰ főleg C-4 mérgezés esetén jelentkezett.
9. szem: könnyezés, égő érzés a szemben, szemvörösség, szürkehályog.
10. genitáliák: egerekben here degeneráció, csökkent fertilitás, patkányokban prosztata granuloma jött létre.
11. bőr: bőrgyulladás, bőrvörösség jöhet létre közvetlen kontaktus hatására, de feltehetőleg nem a hexogén, hanem az adalékanyagok okozzák.
12. késői toxikus hatások: az IARC szerint rákkeltő hatás szempontjából nem besorolható, nincs rá bizonyíték, állatkísérletek során egerekben májdaganat fordult elő.

²⁴ EEG: Elektroencephalográfia, a központi idegbérendszér, elektromos tevékenységét rögzíti.

²⁵ CT: Komputertomográfia.

²⁶ MRI: Mágneses rezonancia elvén működő képalkotó vizsgálat.

²⁷ CK: kreatin-kináz, izomsérülések esetén emelkedik a szintje.

²⁸ Myoglobin: izomfehérje.

²⁹ Megakaryocytá: vérlemezke fejlődési előalakja.

³⁰ Azotémia: fehérje lebomlási termékek szintje megemelkedik a vérben.

13. fejlődési rendellenesség: emberben nem észleltek elváltozást, patkányokban csont és belső szervek eltéréseit mutatták ki, kis születési súly viszonylag gyakran fordult elő, feltehetőleg az anya mérgezési állapota miatt.

A mellékelt táblázat mutatja mely hatásokat észlelték emberben és melyeket csak állatkísérletek során. Halálos mérgezést az irodalomban még nem írtak le. Expozícióból való kiemeléskor a spontán regenerálódási készség és gyógyulás esélye nagy. Az EPA³¹ adatai szerint hexogénnel kontaminált víz fogyasztása esetén biztosan nem történik egészségkárosodás, ha 10 napon át 0,1 mg/l, vagy a teljes életen át 0,002 mg/l RDX tartalmú vizet fogyasztunk. Napi rendszerességgel történő elfogyasztása esetén biztosan nem okoz károsodást: 14 napon át 0,2 mg/testtömegkg/nap, 15 nap felett 0,1 mg/testtömegkg/nap. [63]

4. táblázat Az eddigi irodalomban megjelent esetek és kísérletek során észlelt hatások emberben és állatokban [63]

| Bejutás módja | Hatások | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------|------|----------|----------|--------------------------|---------------|------------|------------|-----------|-----|
| | Szisztémás | | | | Immun/ Vérképzőszervi | Idegrendszeri | Ivorszervi | Növekedési | Genetikai | Rák |
| | Halál | akut | szubakut | krónikus | | | | | | |
| Ember | | | | | | | | | | |
| Belélegzés | | x | | x | x | x | | | | |
| Szájon keresztül | | x | | | | x | | | | |
| Bőrön át | | x | | | | | | | | |
| Állat | | | | | | | | | | |
| Belélegzés | x | | x | | | | | | | |
| Szájon keresztül | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Bőrön át | x | x | x | | | | | | | |

A diagnózist a klinikai tünetek, a laboratóriumi elváltozások és a hexogén expozíció bizonyítottsága alapján állítjuk fel. Első teendő az expozícióból való kiemelés, további mérgezés lehetőségének megakadályozása, szükség esetén dekontaminálás, tüneti kezelés a kialakult kórképnek megfelelően, specifikus antidotum, terápia nincs. [63]

³¹ EPA: Environmental Protection Agency, US (Környezetvédelmi Ügynökség, Egyesült Államok).

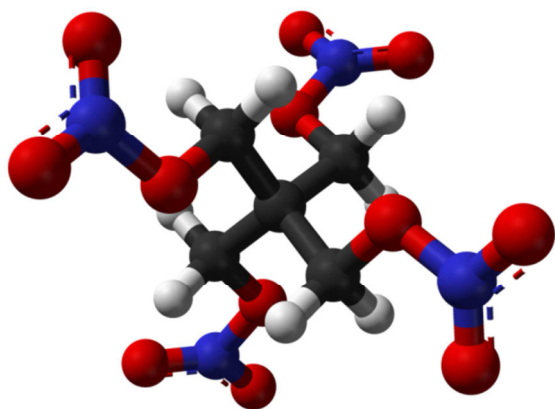
II.2.3. NITROPENTA (CAS: 78-11-5)

A nitropentát (pentaeritrol-tetranitrát, PETN) elsőként Tollens és Wiegand állították elő pentaeritrit nitrálásával, 1891-ben. 1912-ben, miután szabadalmaztatták, Németországban megkezdték nagyüzemi gyártását. A gyógyszerként és robbanóanyagként is igen hatásos vegyületet azóta is alkalmaznak mindkét területen.

Ez egy robbanó salétromsavészter, amelyet széles körben használnak az iparban és a hadászatban. Tiszta állapotban fehér, kristályos, viszonylag könnyen tárolható ugyanakkor ez az egyik legbrizánsabb használatban lévő robbanóanyag. Előállítására két úton történhet pentaeritritből. Vagy kénsavval észterezik és második lépésben salétromsavval átészterezik, vagy tömény salétromsav és tömény kénsav elegyével (nitráló-elegy) közvetlenül képezik. A végtermék stabil, ha teljesen savmentesített, de ha savnyomok maradnak benne, instabillá válik. Ez esetben bomlása robbanásig is fajulhat.

A brizáns robbanóanyagok között a legérzékenyebb a mechanikai behatásokkal szemben. Fehér lánggal, korom nélkül ég, közben irritáló, mérgező füstök keletkeznek. Égése átmehet detonációba. Fémekkel nem reagál. Acetonban jól oldódik. Olvadáspontja 138–140°C. Elpuffanásponja 215°C. Detonáció sebessége 8400 m/s.

Alkalmazzák: tiszta állapotban gyutacsokban, flegmatizált állapotban detonátorokban (szekunder töltet), plasztifikált robbanószerkezetekben (pl.: Semtex), kis kaliberű lőszerkezetekben és robbanó zsinórokban. [2] [50] [52] A nitroglicerinhoz hasonlóan, a nitropenta is hatékony értágító gyógyszer, amelyet Nitropenton néven iszkémiás³² szívbetegségekben használnak.



20. ábra A nitropenta molekuláris szerkezete [67]



21. ábra Robbanó gyújtózsín [68]

³² Iszkémiás szívbetegség: a szív koszorúsereinek szűkülete, ezzel kapcsolatban kialakuló szívizom bántalom és funkció-károsodás.

Felszívódik bőrön, nyálkahártyákon, emésztőrendszerből, légutakon. Májban molekulaszervezete átalakul, köztitermékei is biológiailag aktív vegyületek pl. a pentaeritrol-trinitrát, mely hatásosabb értágító, mint az eredeti molekula. Vesén keresztül választódik ki.

Hatását a vegyületből felszabaduló nitrogén-monoxid (NO) révén fejt ki, amely a szervezetben előforduló simaizmokra fejt ki hatást. Legérzékenyebb a vénák falában lévő simaizom, amely már alacsony dózis hatására is elernyed, nagyobb adag felszívódásakor az artériák, arteriolák fala is relaxálódik. A hatásmechanizmus lényege, hogy az izomsejtben gátolja a guanilát-cikláz, ennek hatására a cGMP-szint megnő a sejtplazmában és csökken az intracelluláris kalcium-szint, a simaizom relaxálódik. Erek falában lévő simaizmok elernyedésekor az erek nagyon gyorsan kitágulnak, esik a vérnyomás, a tünetek ennek köszönhetőek. [69]

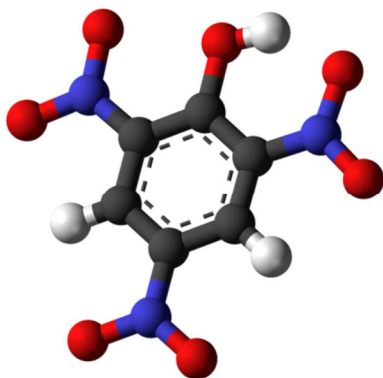
Tünetei: fejfájás, szédülés, a bőr hirtelen kipirulása, testhelyzettől függő vérnyomásesés, szapora pulzus, álmoság, letargia, az érzékenyebb egyéneknél hirtelen ájulás is előfordulhat. Lokális hatása is van, bőrirritáció, szemvörösség fordulhat elő. Vérben methemoglobinémiát okoz. [69]

Krónikus mérgezés esetén (robbanóanyag gyártás) nitrát-tolerancia alakulhat ki, a tartós értágulat és következményes vérnyomásesés kompenzációs mechanizmusokat indít be, tartósan aktiválja a renin–angiotensin–aldoszteron³³ rendszert, nitrát megvonás hatására (hétvége, szabadság) mellkasi fájdalom és magas vérnyomás jelentkezhet. Háttérben nem organikus eltérés, hanem az értónus szabályozásának kisiklása áll, de hosszú időtartamú expozíció esetén a panasz, betegség állandósul. Kezelése tüneti. Munkakörből való kiemelés általában gyógyítja a beteget. [70]

II.2.4. PIKRINSAV (CAS: 88-89-1)

A pikrinsavat (szinonimái: trinitrofenol, melinit, liddit) először Peter Woulfe állította elő 1771-ben. Maga az anyag sárgás színű kristályokból áll. Erősen keserű ízű, innen ered a neve is. Hideg vízben rosszul, etanolban jól oldódik, erős sav. Laboratóriumokban oldatban tárolják. A nehézfémekkel (például vassal, nikkellel, krómmal, rézzel, de különösen az ólommal) alkotott sói nagyon robbanékonyak, hevítésre vagy ütésre nagyon hevesen robbannak.

³³ Renin–angiotenzin aldoszteron rendszer: vérnyomás szabályozó hormonális és enzim rendszer, számos vérnyomáscsökkentő gyógyszer támadáspontja.



22. ábra A pikrinsav molekulaszervezete [71]



23. ábra Pikrinsav por [72]

Főleg az I. világháborúban használták, az Osztrák – Magyar Monarchiában ekrazit néven rendszeresítették, a pikrinsavhoz rendszerint kevés mononitro-naftalint is adtak, hogy feldolgozásánál kevesebb por keletkezzék. Mérgező hatása és kezelhetősége miatt a TNT felváltotta a II. világháborúban. Reagensként alkalmazzák ma is laboratóriumokban (van Gieson festés). Korábban gyógyszerként alkalmazták különböző fertőző betegségekben pl. malária, himlő, herpesz, illetve égési sebek kezelésére is használták. [73]

A szervezetbe gőzének, porának belégzésével, bőrön át vagy lenyeléssel juthat be. Az ép bőrön keresztül is nagyon jól felszívódik. Már 1 gramm pikrinsav bejutása is súlyos mérgezést okoz.

A szemén, bőrön, nyálkahártyákon sárgás elszíneződést, irritációt, allergiás reakciót is okozhat, kiütések jelennek meg főleg az arcon, a száj körül és az orrháton. A haj és köröm is sárgás lesz.

Nagyobb koncentráció belégzésekor eszméletvesztés, gyengeség, izomfájdalom és veseproblémák jelentkeznek. Lenyelésekor keserű íz, fejfájás, szédülés, hányinger, hányás, hasmenés a jellemző, máj és veseelégtelenség gyakori, vér jelenik meg a vizeletben. Minden szövetben megjelenik a sárgás elszíneződés, jellegzetes tünet, hogy a látott kép is megfestődik az üvegtest színe miatt.

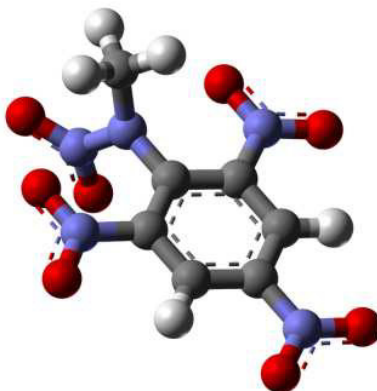
A mérgezés kezelése tüneti, fontos a minél korábbi mentesítés, a bőr lemosása, a szem kimosása, lenyelés esetén hánytatás, gyomormosás. [74]

II.2.5. TETRIL (CAS: 479-45-8)

A tetrilt (nitramin, N-methyl-N,2,4,6-tetranitroanilin) Michler és Meyer által már 1879-ben ismerték Németországban, de csak az első, majd a második világháborúban alkalmazták széleskörűen, ma már a legtöbb országban nem gyártják. Nagyerejű, igen érzékeny robbanóanyag, főleg gyújtószerkezetekben és aknáknak alkalmazták, ilyen pl. a tűzészeti lőszer gyújtófeje. Jellegzetes keverék, amelyben előfordul, a tetril (20% TNT és 80% tetril).

Apró kristályos anyag, fehértől a barnássárgáig változhat a színe, íztelen, szagtalan. Vízben nem oldódik, de acetonban és benzolban jól oldódik. Hevítésre, ütésre robban, detonációs sebessége 7200 m/s. [2] [52]

Mérgeződések lehetséges gyártás, csomagolás, raktározás, felhasználás során. Eddig mérgezési eseteket kizárólag ezekkel a tevékenységekkel kapcsolatban észleltek, főleg a második világháború alatt és az azt követő években. Robbantás során mérgező égéstermékek keletkeznek, ezért a területet csak a robbantási technológiában előírt szellőztetési idő után szabad megközelíteni.



24. ábra A tetril molekulászerkezete [75]

Az emberi szervezetbe felszívódása por, gőz formájában a tüdőn, ép bőrön keresztül is bejut a szervezetbe, de szájon keresztül is lehetséges szándékos lenyelés vagy munkahelyen kontaminált kézzel történő evés, dohányzás közben. Metabolizmusa és kiválasztása nem teljesen ismert. Anyagcsere termékei a pikrinsav és a pikraminsav, melyeket tetrillel etetett patkányok vizeletéből sikerült kimutatni. Specifikus biomarkere nincs. [76]

Hatásai: [76] [77]

1. általános tünetek: gyengeség, általános rossz közérzet, hányás, fogyás.

2. légutak: legfontosabb hatása belégzéskor a légúti irritáció. Az orrnyálkahártya száraz, ég, nátha, orrvérzés, köhögési rohamok lépnek fel. A tünetek általában pár órán belül kialakulnak, de pár hét múlva is jelentkezhetnek. A túlérzékenységből eredő panaszok, asztma jellegű tünetek, mint a köhögési rohamok és a nehézlégzés az érintettek nagy részénél előfordulnak, sokszor csak orvosi beavatkozás hatására múlnak el. Néhány év alatt krónikus obstruktív tüdőbetegség³⁴ fejlődhet ki.
3. idegrendszer: nagy dózisu akut mérgezés esetén hányás, szédülés, fejfájás, ingerlékenység, álmatlanság, de specifikus idegrendszeri károsodást, szervi elváltozást nem sikerült kimutatni.
4. vércépzőrendszeri hatások: átmeneti fehérvérsejtszám emelkedés gyakori, főleg a lymphocyták érintettek, összefüggést találtak az asztmás tünetekkel és a bőrtünetekkel. Ritkán vérszegénység jelentkezett, mely esetben mind a vörösvértestek, mind a fehérvérsejtek száma csökkent. Nitrovegyület révén methemoglobinémiát okozhat.
5. gyomor-bélrendszeri hatások: hányinger, hányás, hasi görcs jelentkezett, szövettani eltérést nem találtak.
6. májkárosodás: egyes esetekben előfordult májkárosodás, májgyulladás, ritkán májsugorodás, májelégtelenség alakult ki halálhoz vezetve. Főleg a nők sérülékenyek a májkárosító hatásra, de a halálozás férfiak esetében fordult elő. Egy tetrilmérgezésben elhunyt személynél találtak hepatomát³⁵, de nem bizonyították az ok – okozati összefüggést a talált elváltozás és a mérgező anyag között.
7. vese: lehetséges a vesekárosodás, melynek következménye a fehérjevizelés, vérvizelés, veseelégtelenség.
8. reproduktív rendszer: robbanóanyag gyárban dolgozó nőknél menstruációs zavarok léptek fel, de a fogamzóképeséget nem befolyásolták.
9. szem: gyulladáisos elváltozás a kötőhártyán, szaruhártyán, íriszben.
10. bőr: a bőr sárga lesz, bőrgyulladás, kiütések, vizenyő jöhet létre közvetlen kontaktus hatására, gyakorlatilag minden védőeszköz nélküli kontaktus hatására

³⁴ Krónikus obstruktív tüdőbetegség: hosszan tartó légúti gyulladás és szűkület következtében kialakuló krónikus tüdőbetegség, gyakori fulladásos panaszokkal és csökkent oxigénszinttel jár

³⁵ Hepatoma: jóindulatú májdaganat.

kialakul, az expozíció biztos jele. A haj és körmök is sárgás elszíneződést kapnak, „tetril szőke” hajszín különböztette meg a tetril gyárban dolgozókat.

11. késői toxikus hatások: az IARC szerint nem rákkeltő³⁶, állatkísérletek során nőstény patkányoknál nagy mennyiségű tetril etetését követően egy esetben gyomordaganat fordult elő.
12. fejlődési rendellenesség: emberben nem észleltek elváltozást.

A mellékelt ábra mutatja mely hatásokat észlelték emberben és melyeket csak állatkísérletek során. Expozícióból való kiemeléskor a spontán regenerálódási készség és gyógyulás esélye nagy.

5. táblázat Az eddigi irodalomban megjelent esetek és kísérletek során észlelt hatások emberben és állatokban [76]

| Ember Bejutás módja | Hatások | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------|------------|----------|---|--------------------------|---------------|------------|------------|-----------|-----|
| | Halál | Szisztémás | | | Immun/ Vérképzőszervi | Idegrendszeri | Ivorszervi | Növekedési | Genetikai | Rák |
| akut | | szubakut | krónikus | | | | | | | |
| Ember | | | | | | | | | | |
| Belélegzés | x | x | x | x | x | x | x | | | |
| Szájon keresztül | | | | | | | | | | |
| Bőrön át | | x | x | x | x | | | | | |
| Állat | | | | | | | | | | |
| Belélegzés | | | | | x | | | | | |
| Szájon keresztül | x | x | x | | x | | | | | |
| Bőrön át | | | | | x | | | | | |

A diagnózist a klinikai tünetek, a laboratóriumi elváltozások és a tetril expozíció bizonyítottsága alapján állítjuk fel. Első teendő az expozícióból való kiemelés, további mérgezés lehetőségének megakadályozása, szükség esetén dekontaminálás, tüneti kezelés a kialakult kórképnek megfelelően, specifikus antidotum, terápia nincs. [76]

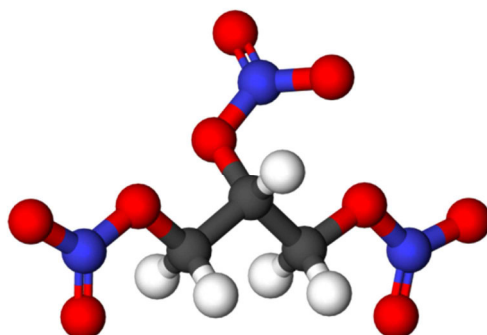
³⁶ Az IARC beosztásról és a késői toxikus hatásokról külön alfejezet szól.

II.2.6. NITROGLICERIN (CAS: 55-63-0)

A glicerín-trinitrát egyik legnagyobb hatásfokú és legnagyobb érzékenységgű brizáns robbanóanyag, amit először Sobrero állított elő 1846-ban. Előállítására glicerínből történik salétromsav–kénsav eleggyel. Ütésérzékenysége miatt sokáig nem alkalmazták a gyakorlatban, ennek csökkentésére számos kísérletet végeztek, így például megpróbálkoztak a feketelőporral keverten felhasználni, de átütő sikert 1866-ban Alfred Nobel ért el, amikor először porózus anyagokkal felítatva, kovafölddel és fűrészporral érzéketlenítette, és kifejlesztette a dinamitot. Később nitrocellulózzal kocsonyásított formában (robbanózselatin) terjedt el. A nitroglicerint használják több bázisú puskaporokban és rakétaüzemanyagnak is.

A robbantástechnikán kívül van egy jelentős felhasználási területe, melynek jelentősége a hosszú évek során nem csökken. A szívbetegségek gyógyítása során értágítóként alkalmazva a Nitromint és a Nitrolingual gyógyszerek hatóanyaga. Minden orvos és minden szívbeteg táskájában megtalálható életmentő gyógyszer.

Színtelen vagy kissé sárgás, szagtalan, olajszerű folyadék. Hevítés, súrlódás és kisebb ütés (0,2 J) hatására is robban. Detonációsebessége 8200–8500 m/s, függ az indítás (ütés) erejétől. 1 kg nitroglicerínből 715 l gáz halmazállapotú bomlástermék képződik. Robbanáskor oxigén is felszabadul, ezért a folyamat oxigénmérlege pozitív. Szerves oldószerek közül sokban jól oldódik, valamennyire vízzoldható. Önmagában is jó oldószer, a nitrovegyületeket jól oldja, ennek nagy szerepe van a többkomponensű robbanóanyagok előállításánál. Alacsony hőmérsékleten is erősen párolog. [2] [52]



25. ábra A nitroglicerín molekulászerkezete [78]



26. ábra Dinamit [79]



27. ábra Ez is nitroglicerín [80]

Felszívódása munkahelyi expozíció kapcsán légutakon vagy bőrön keresztül történik, végtelen lenyelése ritka, munka közbeni étkezéshez, dohányzáshoz kapcsolható. A szervezetben nitritté redukálódik. Gyorsan felszívódik a bőrrel, nyálkahártyárról, kialakul a hatáson plazmaszint, vérplazmában pár perc a felezési ideje, mivel a felszívódott nitroglicerín erősen kötődik a vörösvértestekhez és felhalmozódik az érfalban. Fehérjékötődése a plazmában kb. 60%. Az alkalmazott adag kevesebb, mint 1%-a változatlan formában, míg a többi metabolitok formájában a vizelettel választódik ki.

A nitroglicerín hatására a kapilláris rendszer előtti és utáni kapacitás erek, a nagy artériák és különösen a coronariák nagymértékben kitágulnak. A szisztémás keringésben fellépő értágulat a vénás kapacitás növekedéséhez, ill. ezáltal, a szívhez történő vénás visszaáramlás (preload) mérséklődéséhez, a kamrai térfogat és a töltőnyomás csökkenéséhez vezet. Mindezek következtében csökken a szívizom energia- és oxigénigénye. Ezt a hatását használják ki a gyógyászatban. A nitroglicerín a hörgőizomzatot, a húgyutakat, az epehólyag és az epeutak falának izomzatát, valamint a nyelőcső, a vékony- és vastagbél izomzatát és a záróizmokat is ellazítja. Hatását valószínűleg a simaizomsejt membránján elhelyezkedő, ún. nitrátreceptoron keresztül – NO képzése, valamint az intracelluláris cGMP felhalmozása révén – fejt ki. A cGMP felhalmozódása megakadályozza a kalciumionok beáramlását, ami a simaizomzat relaxációjához vezet. A folyamat a nitropenta hatásának leírásánál részletesebben megtalálható.

A vörösvértestekben methemoglobint képez, de hiányoznak az irreverzibilis elváltozás jelenségei: Heinz–test képződés, hemolízis. Ennek következményei a kékes színű bőr és az oxigénhiány egyéb tünetei. [81] [70]

Hatásai: [81] [70] [82]

1. általános tünetek: gyengeség, ájulásérzés, általános rossz közérzet, hányás, fogyás.
2. szív-érrendszeri hatások: értágulat okozta vérnyomásesés és testhelyzetfüggő alacsony vérnyomás alakulhat ki reflexesen jelentkező szapora szívveréssel, szédüléssel, gyengeségérzéssel. Ájulás is gyakori. Nagyobb légtér-koncentráció esetén mellkasi fájdalom, EKG-jelek, akár hirtelen szívhalál is kialakulhat. Az USA fegyvergyáraiban retrospektív³⁷ vizsgálatokat végeztek és azt tapasztalták, hogy az infarktusban meghalt 35 év alatti dolgozók aránya magasabb a teljes lakosság adataihoz képest. Más tanulmányok is megerősítik az adatokat, a nitroglicerinnel gyártásban dolgozók körében 45 éves kor előtt hirtelen szívhalálban meghaltak aránya szignifikánsan nagyobb a lakossági adatokhoz képest, míg a krónikus iszkémiás szívbetegek száma között nincs különbség. [83]
3. idegrendszer: nyugtalanság, izgatottság, ingerlékenység.
4. vérképzőrendszeri hatások: methemoglobinémiát okoz.
5. gyomor-bélrendszeri hatások: ritkán hányinger, hányás jelentkezhet.
6. reproduktív rendszer: egereknél az utódgenerációk fertilitásának a csökkenését észlelték, embernél nem észlelték elváltozást.
7. bőr: kipirulás (flush) és allergiás bőrreakciók jelentkezhetnek, egyes esetekben túlérzékenységi reakció és nagyfokú hámlással járó bőrgyulladás.
8. szem: növeli a szemben belüli nyomást, a zöldhályog³⁸ kialakulásának valószínűsége nő.
9. késői toxikus hatások: a hatóanyag hosszú távú, nagy dózisos szájon át történő adagolással végzett állatkísérletek során egereken nem észlelték karcinogén hatást, ellenben patkányoknál a máj kötőszövetes elfajulásának, illetve daganatos elváltozásainak gyakorisága fokozódott. Az IARC monográfiája szerint nem rákkeltő (3. csoport).
10. fejlődési rendellenesség: teratogenitásra utaló bizonyítékot nem találtak.

³⁷ Retrospektív: A múltban bekövetkezett eseményekre vagy nyert adatokra vonatkozó vizsgálat.

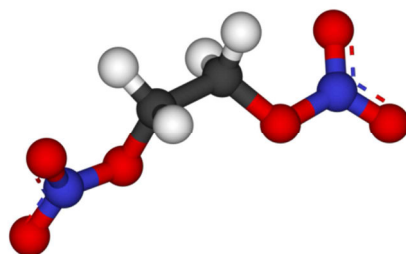
³⁸ Zöldhályog: a szemben található csarnokvíz nyomása megnő, ennek következtében károsodik az ideghártya és a látóideg, hosszabb távon, kezeletlen esetben vakághoz vezethet.

Alkohol fogyasztása ingerlékenységet, dührohamot okozhat, ezt a tünetet annak tulajdonítják, hogy a nitroglicerint a máj alkoholt lebontó alkohol-dehidrogenáz enzimjére. Hasonlóan a nitropentánhoz krónikus mérgezés esetén (robbanóanyag gyártás) nitrát-tolerancia alakulhat ki. Ekkor alakul ki a jellegzetes „Monday morning” angina, a nitrát-megvonás hatására szűkülnek a koszorúerek, ez vezet a mellkasi fájdalommal járó tünetegyütteshez. Kezelése tüneti. Munkakörből való kiemelés általában gyógyítja a beteget. Eddig 78 munkahelyi mérgezést írtak le, ezek robbanóanyag-gyárban történtek. [83] [84]

II.2.7. NITRO-GLIKOL (CAS: 628-96-6)

A nitro-glikolt (etilenglikol-dinitrát, EGDN) önmagában soha sem használták katonai illetve ipari célokra. Az 1990-es évek közepéig egyetlen felhasználási területe volt, minden nitroglicerint alapú robbanóanyag fagyáspontjának csökkentése.

Detonáció sebessége némileg alacsonyabb a nitroglicerinnél. Nagyobb a robbanáshője és a gáztermelése is. A nitroglicerinnel nagyon hasonló kémiai és fizikai tulajdonságokkal rendelkezik, színtelen, jellegzetes szagú, viszkózus, édeskés ízű folyadék. Ütésérzékenysége megegyezik a nitroglicerinnel: 0,2 J. Nagyon érzékeny a súrlódásra is. Oxigénegyenleg: 0 %, tehát pont elegendő oxigén van jelen a robbanási reakció során. Kevésbé oldódik vízben, de acetonnal, benzolban, kloroformmal és etil-acetáttal is jól oldható. [2] [52]



28. ábra A nitro-glikol molekulászerkezete [85]

Élettani hatásai hasonlóak a nitroglicerinnel, ez is erős értágító hatású, de jóval mérgezőbb.

Szobahőmérsékleten jól párolog, zsíroldékony, ezért könnyen bejut a légutakba, bőrön, nyálkahártyákon jól felszívódik. A szerves oldószer mérgezéshez hasonló kép alakul ki, fejfájás, zavartság, aluszékonyság, vérnyomásesés, alacsony pulzus, szívritmuszavarok. Ismételt expozícióban hozzá szokik a munkavállaló, így a hirtelen megvonás is problémát

okozhat, illetve a munkaszünet (szabadság) utáni újabb expozíció is. Alkoholfogyasztás hatására erős fejfájás jelentkezik.

Nagyobb mennyiség belégzésekor 24–48 óra latenciaidőt követően kisebb fizikai megerőltetés hatására, főleg melegebb időben szívritmuszavar, hirtelen szívhalál alakulhat ki. [83] [70]

II.2.8. AMMÓNium–NITRÁT (CAS: 6484-52-2)

Az ipari robbanóanyagok első és talán máig legismertebb fajtájának, az ammóniumnitrát – dízel olaj keverék robbanóanyagnak a felfedezése az európai újjáépítéshez szállítandó ammónium-nitrát műtrágya felrobbanásához kapcsolódik a tároló papírzsákok meggyulladására következtében 1947-ben. Az erősen higroszkopikus ammóniumnitráthoz, a tengeri szállítás során a nedvességtől való megóvása érdekében, mintegy 0,8–1,0%, paraffinból és petróleumszármazékból álló adalékanyagot kevertek. Ezek után fejlesztették tovább az ammónium-nitrát és gázolaj alapú ANDO típusú, főleg bányászati robbantásoknál alkalmazott robbanóanyagokat.

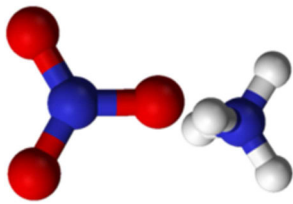
Az ipari robbanóanyagok fejlődésének második szakasza a robbanóanyag 1958-as felfedezésével kezdődött, a robbanóanyagok elsősorban ammónium-nitrát és más nitrátok vizes oldatai, égő anyagokkal (alumíniumpor, glikol stb.) és érzékenyítő anyagokkal (TNT, nitropenta, hexogén) keverve. Töltényezhetők és a helyszínen bekeverhetők, tartálykocsiból a fúrólyukba szivattyúzhatók. Hatóerejük 3–6-szorosa az ANDO-énak. További nagy előnyük az ANDO-val szemben, hogy vizes fúrólyukakba is tölthetők, de csak +4°C-ig működnek megbízhatóan, az alatt megdermednek és bizonytalanul detonálnak. [2]

Az ipari robbanóanyagok fejlődésének harmadik szakaszát az emulziós robbanóanyagok megjelenése jelentette. Az új robbanóanyagban nagyon kis átmérőjű ammónium-nitrát oldat cseppek (4–10 mm) kerültek vékony olajréteggel bevonásra, a speciális gyártási technológia során. Ennek következtében a robbanóanyag vízálló, ugyanakkor a speciális emulgeáló szer tulajdonságai következtében robbanási tulajdonságait akár –25–30°C-on sem veszíti el. Mivel az emulzió önmagában nem tartalmaz robbanóanyagnak minősülő összetevőt, így csak érzékenyítő adalék hozzáadása után válik tényleges robbanóanyaggá. Ez az érzékenyítő adalék üvegből vagy műanyagból készült, néhány mikron átmérőjű üres gömböcske. Az üvegyöngy szerepe az emulzióban az, hogy az indítótöltet robbanásakor képződő lökőhullám által létrehozott nagy és gyorsan terjedő nyomás hatására a bennük lévő üregecskék energia koncentrációt (ún. „forró pontot”) generálnak, amely elegendő a vele szomszédos

robbanóanyag-rész detonációjához és ilyen módon a láncreakció végig viteléhez. Az emulzióba kevert üvegyöngy mennyiségével, egyben szabályozható a gyártott robbanóanyag iniciálhatósága, továbbá a külső hőmérséklethez való illesztése. Legújabb fejlesztés a gázbuborékokat tartalmazó emulzió. [2]

Az ammónium-nitrát fehér színű, kristályos, szilárd anyag. Rombos szerkezetű kristályokat alkot. Óvatosan hevítve szublimál. Higroszkópos vegyület. Vízen jól oldódik. Magasabb hőmérsékleten erős oxidálószer. Szemcseszerkezete nagymértékben befolyásolja a felhasználását, tulajdonságait robbanóanyagként. Fő jellemzője, hogy alacsony brizanciájú, nagy tolóhatású, kezelésbiztos, detonáció sebessége 3500–4000 m/s körül mozog. Ütésérzékenysége alacsony, súrlódásra nem érzékeny.

Elsősorban bányákban, külszíni fejtésekkor, jövesztésekkor használják őket. Viszonylag alacsony detonáció sebességük és nagy gázfejlesztésük miatt (ebből kifolyólag nagy a tolóhatásuk) különösen alkalmasak a földrobbantásokhoz. [2] [50]



29. ábra Az Ammónium-nitrát molekulaszervezete [86]



30. ábra Ammónium-nitrát szemcsék [87]

Az ammónium-nitrát minimális hatást gyakorol az élő szervezetekre, LD50³⁹ értéke patkányokban 2217 mg/testtömeg kg, ami kétharmada a hagyományos asztali sónak. Por vagy gőz formájában a légutak nyálkahártyáján vagy a bőrön keresztül, illetve lenyelve az emésztőrendszeren át juthat be a szervezetbe.

Nagy mennyiség elfogyasztásakor hányinger, hányás, gyomorgörcs, fejfájás, szédülés és magas vérnyomás jelentkezhethet. Helyileg irritáló hatása lehet a bőrön, nyálkahártyákon, szemben, légutakban és a tüdőben. [88]

³⁹ LD50: Adott vegyi anyagból az a mennyiség, amennyit megettetve a kísérleti állatokkal, azok 50%-át elpusztítja.

Krónikus, viszonylag nagy mennyiség bevitele (több, mint 5 mg/testtömeg kg/nap) esetén testhelyzettől függő vérnyomásesés és methemoglobinémia jelentkezhet. Ebből adódnak a tünetek: gyengeség, depresszió, nehézlégzés, mentális funkciók gyengülése, magas pulzusszám, fejfájás, hányinger, hányás, vesegyulladás. Nincs bizonyíték késői toxikus, rákkeltő, mutagén hatásra. [86]

Lebomlás során az ammónium-nitrátból származó nitritek és nitrátok megjelennek a talajban, felszíni és felszín alatti vizekben, ennek következtében az ivóvízben is. Ennek hatásáról sok tanulmány és publikáció született, főleg a csecsemők idegrendszeri károsodásával kapcsolatban. Ezért viszont nem a robbanóanyagok, hanem a mértéktelen műtrágyázás a felelős.



31. ábra Emulzió keverőgép [7]



32. ábra Lambrex 1 emulziós robbanóanyag [89]

II.3. A ROBBANÓANYAGOK ALKALMAZÁSÁNAK MUNKAEGÉSZSÉGÜGYI VONATKOZÁSAI

A robbanóanyagok emberi szervezetbe való felszívódása por, melegítéskor gőz formájában a tüdőn, bőrön keresztül történik, de orális bejutás is lehetséges szándékos lenyelés vagy munkahelyen kontaminált kézzel történő evés, dohányzás közben. Nagyobb jelentősége a sérült bőrön keresztüli felszívódásnak van, ezért nagyon fontos a munka közbeni sérülés alapos tisztítása és ellátása.

A tünetek sokszor késleltetve jelenhetnek meg az expozíció után néhány hét, hónap múlva. Expozícióból való kiemeléskor a spontán regenerálódási készség és gyógyulás esélye nagy, de ismétlődő mérgezéskor maradandó elváltozások fejlődhetnek ki. A diagnózist a klinikai tünetek, a laboratóriumi elváltozások és az expozíció bizonyítottsága alapján állítjuk fel. Első teendő az expozícióból való kiemelés, további mérgezés lehetőségének megakadályozása, szükség esetén dekontaminálás, tüneti kezelés, szervek tehermentesítése a

regeneráció elősegítésére és a megmaradt funkciók támogatására a kialakult kórképnek megfelelően, specifikus antidotum, terápia nincs. [3]

A következő alfejezetekben a robbanóanyagokkal való munkavégzés munkahigiéniés értékeléséről és az általuk okozott egészségkárosodások hatékony megelőzésének módszereiről lesz szó.

II.3.1. KÉMIAI EXPOZÍCIÓ ÉRTÉKELÉSE

Az utóbbi évtizedekben a kemizáció negatív következményeinek megelőzésére a világ kormányai és nemzetközi szervezetei programokat hirdettek, jogszabályokat, direktívákat vezettek be és számos világkongresszust tartottak. A Riói Föld-csúcson a résztvevő 172 ország aláírta az Agenda 21-et, amely megfogalmazza a kémiai biztonság és a fenntartható fejlődés kapcsolatát és az ezen a területen megoldandó feladatokat. A helyes vegyi anyag kezelés a környezet védelme és az emberi egészség védelme mellett a társadalom és a gazdaság fejlődésének fenntartását is célul tűzi ki, ezt úgy kívánja elérni, hogy a helyes vegyi anyag kezelést a kemikália teljes életciklusára kiterjeszti a gyártástól a felhasználáson át a hulladékkezelésig, illetve újrahasznosításig. Fő eszköze a Globális Harmonizációs Rendszer (GHS), amely pontos előírásokat tartalmaz a különböző vegyi anyagok és készítmények vizsgálatára, osztályozására, feliratozására, veszélyjelek és piktogramok alkalmazására. A rendszer bevezetése az Európai Unióban is kötelező, kiegészítve a REACH⁴⁰ előírásaival, amely a gyártott és forgalmazott vegyi anyagok regisztrációjával foglalkozik az Egységes Piac szellemét képviselve. Robbanóanyagok esetében a szabályozások sora kiegészül az ADR előírásaival a veszélyes áruk szállítmányozásával kapcsolatban. [90]

A munkavállalók potenciális vegyi anyag-expozíciója a vegyi anyagok számát és azok koncentrációját tekintve nagyságrendekkel nagyobb, mint a lakossági expozíció, arról nem is beszélve, hogy az érintettet a lakossági terhelés is ugyanúgy éri. A dolgozók vegyi anyag-expozíciójának mérése és regisztrálása, valamint az alkalmassági vizsgálatok eredményeinek elemzése alapvető prevenció-s tevékenység, amely a lakosság egészségének védelmét is szolgálja. [90]

A munkáltató köteles minőségileg, illetve szükség esetén mennyiségileg értékelni a munkavállalók egészségét és biztonságát veszélyeztető kockázatokat, különös tekintettel a veszélyes anyagokra és készítményekre. Ehhez a tevékenységhez először is ismernünk kell,

⁴⁰ REACH: Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals.

hogy a munkavállaló milyen anyagokkal kerülhet kapcsolatba munkája során, figyelembe véve az esetleges közti termékeket és hulladékokat is. A kockázatértékelés elengedhetetlen mozzanata a környezeti monitorozás. A munkatér levegőjében a vegyi anyag koncentrációjának folyamatos, rendszeres vagy időszakos mérése és regisztrálása tájékoztatást ad, hogy egy munkatérben dolgozó populáció kielégítően védett – e a vegyi anyagok károsító hatásától. A mérés a munkatér különböző helyein elhelyezett (1) ún. fixpontos méréssel vagy a dolgozó légzés zónája közelében a dolgozóra (2) rögzített személyi mintavevővel történik. [90]

A munkáltató gondoskodik a munkahelyen a munkavállalók egészségét és biztonságát veszélyeztető veszélyes anyagok által előidézett kockázatok megszüntetéséről vagy minimumra történő csökkentéséről. Ezt elsősorban nem veszélyes anyag vagy kevésbé veszélyeztető veszélyes anyag alkalmazásával kell biztosítani. Ha a tevékenység természete nem teszi lehetővé a kockázat helyettesítéssel történő kiküszöbölését vagy csökkentését, a munkáltató a kockázatok lehető legkisebbre történő csökkentéséről megelőző, valamint az egészséget és biztonságot védő intézkedések bevezetésével gondoskodik. A megelőző és védő intézkedések – fontossági sorrendben – a következők:

- megfelelő munka-, szabályozási és vezérlési folyamatok megtervezése;
- megfelelő munkaeszköz alkalmazása;
- kevésbé veszélyes anyagok alkalmazása;
- kollektív műszaki és egyéni védelem alkalmazása a kockázat keletkezési helyén;
- munkaszervezési intézkedések;
- egyéni védőeszközök alkalmazása, amennyiben az expozíció egyéb módon nem előzhető meg. [91]

A fentiekből adódik, hogy a veszélyes anyagok jelenlétét a munkahelyi levegőben méréssel állapítjuk meg, a kapott értékeket jogszabályokban, direktívákban meghatározott határértékekhez hasonlítjuk össze. A következő határértékeket kell figyelembe venni.

– *megengedett átlagos koncentráció:* a légszennyező anyagnak a munkahely levegőjében egy műszakra (8 órás munkanap, 40 órás munkahét) megengedett átlag koncentrációja, amely a dolgozó egészségére általában nem fejt ki káros hatást. Jelölése: ÁK;

– *megengedett csúcskoncentráció (rövid ideig megengedhető legnagyobb levegőszennyezettség):* a légszennyező anyagnak egy műszakon belül rövid időre az ÁK értéket meghaladó legnagyobb koncentrációja. Az ÁK- és CK-értékre vonatkozó követelményeknek egyidejűleg kell teljesülniük. Jelölése: CK. [91]

6. táblázat Az egyes anyagok csúcskoncentráció szerinti besorolása jellemző tulajdonságaik alapján [91]

| kategória | | csúcskoncentráció | | |
|-----------|--|-------------------|-------------------|---------------------------|
| | | értéke (CK) | időtartama (perc) | műszakonkénti gyakorisága |
| I. | helyileg irritáló anyagok | ÁK | | |
| II. | felszívódva ható anyagok az anyag hatásának fellépése 2 órán belül II.1: felezési idő <2 óra II.2: felezési idő 2 órától teljes munkaidőig | 4 X ÁK | 15 | 4 |
| III. | felszívódva ható anyagok hatás fellépésének ideje >2 óra felezési idő > műszak idő (erősen kumulálódó) | 4 X ÁK | 15 | 4 |
| IV. | nagyon gyenge károsító hatású anyagok ÁK >500 ml/m ³ | 4 X ÁK | 15 | 4 |
| V. | intenzív szagú anyagok | ÁK | | |
| VI. | irreverzibilis károsodást okozó anyagok | ÁK | | |
| | egyéb | 8 X ÁK | 60 perc/műszak | |

Az I. és V. kategóriájú anyagok, anyagcsoportok esetében a megadott CK-érték megegyezik az ÁK-értékkel, ellenőrzése legfeljebb 15 perces mintavétellel történik.

A II – IV. kategóriájú anyagok, anyagcsoportok esetében a megadott CK-érték 15 perces átlagérték és a túllépési tényező 4. (A túllépési tényező fejezi ki, hogy a CK-érték hányszorosa az ÁK-értéknek.) Az egyes csúcskoncentrációk időintervallumai között legalább a csúcskoncentrációk időintervallumánál háromszor hosszabb időnek kell eltelnie (pl. 15 perces csúcskoncentráció után legalább 45 perc). A csúcskoncentrációk időtartama egy műszak alatt összesen a 60 percet nem haladhatja meg.

A VI. kategóriájú irreverzibilis károsodást okozó anyagok: az ÁK-érték = a CK-értékkel. [91]

– *maximális koncentráció:* a műszak során eltűrt legmagasabb koncentráció, jelölése: MK, a maximális koncentrációban végzett munka esetében a dolgozó teljes munkaképes élete

során (18–62 évig) a potenciális halálos kimenetelű egészségkárosító kockázat (rosszindulatú daganatos megbetegedés kockázata) $\leq 1:10^5/\text{év}$ (10 mikrorizikó/év). [91]

A munkahelyi átlagos levegőszennyezettség kiszámítása:

Egy szennyező anyag esetén a munkahelyi átlagos levegőszennyezettséget mg/m^3 -ben ($C_{\text{Á}}$) a következő összefüggéssel számítjuk ki:

$$C_{\text{Á}} = \frac{C_1 \times t_1 + C_2 \times t_2 + \dots + C_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

ahol:

C_1, C_2, \dots, C_n a t_1, t_2, \dots, t_n időszakokhoz tartozó légszennyező anyagok koncentrációi (mg/m^3).

$t_1 + t_2 + \dots + t_n$ a munkaidő tartama, 8 óra

Határérték meghatározása több veszélyes anyag munkatérben való egyidejű jelenléte esetén.

Additív hatás lép fel, ha a munkatérben két vagy több, azonos szervrendszerre ható veszélyes anyag (hSz) van jelen, ezek hatása összegződik. Hasonlóképpen additív hatásúnak kell tekinteni a mutagén (M) és a karcinogén (K) anyagokat is.

Ezek esetében az ÁK – értéket az alábbi képlettel határozzuk meg:

$$\left(\frac{hS_{z_1}c}{hS_{z_1}\text{ÁK}} + \frac{hS_{z_2}c}{hS_{z_2}\text{ÁK}} + \dots + \frac{hS_{z_n}c}{hS_{z_n}\text{ÁK}} \right) + \left(\frac{M_1c}{M_1\text{ÁK}} + \frac{M_2c}{M_2\text{ÁK}} + \dots + \frac{M_nc}{M_n\text{ÁK}} \right) + \left(\frac{K_1c}{K_1\text{MK}} + \frac{K_2c}{K_2\text{MK}} + \dots + \frac{K_nc}{K_n\text{MK}} \right) \leq 1$$

ahol:

hSz azonos szervre, szervrendszerre ható, anyag;

$hS_{z_{1-n}}c$ azonos szervre; szervrendszerre ható anyagok koncentrációja a munkatérben;

$M_{1-n}c$ mutagén anyagok koncentrációja a munkatérben;

$K_{1-n}c$ karcinogén anyagok koncentrációja a munkatérben;

$hS_{z_{1-n}}\text{ÁK}, M_{1-n}\text{ÁK}, K_{1-n}\text{MK}$ az adott azonos szervre/szervrendszerekre ható, mutagén, illetve karcinogén anyagok ÁK -, illetve MK -értéke;

Szinergista/potenciórozó hatású munkatér légszennyezők esetében egyedileg kell eljárni. Független hatású munkatér légszennyezők esetében a meghatározott ÁK -érték az iránymutató.

Ha a munkatér levegőjében egyidejűleg több vegyi anyag van jelen – egyaránt beleértve a rákkeltő hatású és nem rákkeltő hatású anyagokat – a megengedhető értéket az alábbi összefüggés szerint kell kiszámítani:

$$\left(\frac{C_1}{\text{ÁK}_1} + \frac{C_2}{\text{ÁK}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ÁK}_n} \right) + \left(\frac{R_1}{\text{MK}_1} + \frac{R_2}{\text{MK}_2} + \dots + \frac{R_n}{\text{MK}_n} \right) \leq 1$$

ahol:

C_1 a munkatérben mért nem rákkeltő anyag koncentrációja;

R_1 a munkatérben mért rákkeltő anyag koncentrációja;

ÁK átlagos koncentráció (nem rákkeltő anyagok munkahelyen megengedett koncentrációi);

MK maximális koncentráció (rákkeltők munkahelyen eltűrt koncentrációja);

1,2, ... n az egyes nem rákkeltő, illetőleg rákkeltő anyagok indexeit úgy kell értelmezni, hogy a számlálóban és a nevezőben szereplő azonos indexek azonos anyagot jelentenek. Azokat az anyagokat, amelyekre nézve a nincs megállapítva $\text{ÁK}/\text{MK}$ -érték, a képlet alkalmazása során figyelmen kívül kell hagyni. [91]

A határértékek azokra a vegyi anyagokra is vonatkoznak, amelyek nemcsak gáz, hanem por alakban is jelen lehetnek a levegőben, ilyenkor porméréssel kell meghatározni a levegőszennyezettséget és alkalmazni a megadott értékeket. A nem gőz/gázállapotú veszélyes anyagok határértékei a belélegezhető frakcióra vonatkoznak. [91]

A veszélyes anyagokkal szennyezett munkatérben foglalkoztatott munkavállalókra a jogszabályban meghatározott határértékek 8 órás referenciaidőre vonatkoznak. Amennyiben az expozícióban töltött munkavégzés időtartama rövidebb, mint a referenciaidő, a légtérszennyezettség mértéke akkor sem haladhatja meg az $\text{ÁK}/\text{CK}/\text{MK}$ értékeket.

A határértékekkel nem szabályozott veszélyes anyag esetében a tudományos, technikai színvonal szerint elvárható legkisebb szintre kell csökkenteni az expozíció mértékét, amely szinten a tudomány mindenkori állása szerint a veszélyes anyagnak nincs egészségkárosító hatása. [90]

Bizonyos vegyi anyagoknál (pl. benzol, kadmium, ólom, anilin) lehetőség van az úgynevezett biológiai expozíciós mutatók (BEM) vizsgálatára az időszakos alkalmassági vizsgálatok során. Ilyenkor a vizeletből vagy a vérből megállapítható a munkavállaló expozíciója az adott vegyi anyagra, esetleg követhető a helyes védőeszköz viselés. A két típusú mérés kiegészíti egymást és nem helyettesíti, a légtér-koncentráció elemzésnél a technológiát értékeljük, de nincsenek pontos ismereteink a szervezetbe jutó kemikáliák pontos

menyiségéről és hatásáról, főleg, ha egyéni védőeszköz viselése is elő van írva az adott munkakörben, míg a BEM ugyan felvilágosítást nyújt, sokszor közvetve, anyagcseretermékek révén a bejutott vegyi anyagokról, de nem kapunk információt a bejutás módjáról, idejéről és helyéről. További zavaró tényező a BEM esetében, hogy nagy különbségek mutatkoznak az egyes szervezetek vegyi anyag feldolgozási és kiürítési képességében, érzékenységben az adott anyag iránt. Biológiai mutató összesen 24 vegyi expozíció esetén van jelenleg megállapítva, mivel nehézkes a különböző anyagok anyagcseréjének felderítése, kizárólagos termék megtalálása valamely testnedvben az adott anyagra. Robbanóanyagok ebben a listában nem szerepelnek. [90] [91]

A következő táblázatban szerepelnek a dolgozat tárgyát képező robbanóanyagokra megállapított határértékek, jellemző tulajdonságok.

7. táblázat Robbanóanyagok jellemző tulajdonságai irodalmi és jogszabályokban szereplő adatok alapján (saját szerkesztésű táblázat)

| Megnevezés | CAS | Molekula-tömeg | Légtérre vonatkozó határértékek mg/m ³ | Jellemző tulajdonságok |
|-----------------|-----------|----------------|---|---|
| TNT | 118-96-7 | 227,1 | ÁK: 0,09 CK: 0,36 | II.1 kat. B IARC: 3. kat. |
| Hexogén | 121-82-4 | 222,1 | TLV ⁴¹ : 1,5 STEL ⁴² : 3 | II.1 kat. IARC: nincs listán |
| Nitropenta | 78-11-5 | 316,17 | STEL: 0,1 | II. kat. IARC: nincs listán |
| Pikrinsav | 88-89-1 | 229,1 | ÁK: 0,1 CK: 0,1 | I. kat. B, I, SZ IARC 3. kat. |
| Tetril | 479-45-8 | 287,15 | TLV: 1,5 | II. kat. B, SZ IARC: 3. kat. |
| Nitroglicerín | 55-63-0 | 227,1 | ÁK: 0,5 CK: 2 | II. 1. kat B, I, SZ IARC: 3. kat. |
| Nitroglíkol | 628-96-6 | 152,1 | TLV: 0.05 ppm | I. kat B,I IARC: nincs listán |
| Ammónium-nitrát | 6484-52-2 | 80,1 | nincs megállapítva | I. kat I, IARC: nincs listán |

⁴¹ TLV: Treshold Limit Value, megfelel az ÁK – nak, NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health, USA) meghatározása alapján.

⁴² STEL: Short – term Exposure Limit, megfelel a CK – nak, NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health, USA) meghatározása alapján.

Jellemző tulajdonságok jelölése:

- B bőrön át felszívódó;
- I irritatív;
- SZ szenzibilizáló (allergiát okozó).

Kutatásom során az MH 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Ezred robbanóanyag raktárában munkahigiénés méréseket végeztünk a Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Honvéd Közegészségügyi és Járványügyi Intézet Munkahigiénés Laboratóriumának munkatársaival levegőszennyezettség kimutatására.

A robbanóanyag raktár kis alapterületű, egy nyílászáróval rendelkező zárt tér. A mérés alatt a napi munka folyt, igény szerinti robbanóanyag (TNT 400 gr-os préstestek) kiadása, többszöri átszámolással, a robbanóanyag közvetlen csomagolását nem bontották meg. A munkavállaló a raktárban normál esetben a napi 8 órás munkaidőből összesen kb. 90 percet tölt, kiemelt feladatok esetén (pl. leltározás) ez az idő ennek többszöröse lehet.



33. ábra Dräger Multi PID gáz analízátor [92]



34. ábra Vortex Timer 2 mintavevő [7]

A gáz halmazállapotú szennyezettség méréséhez Dräger Multi-PID műszert alkalmaztunk, amely ideális illékony szerves vegyületek mérésére, és a mérésnél fotoionizációs érzékelési (photo ionization detection – PID) technológiát használ. A munkahelyi légszennyezettség vizsgálatnál a munkavállaló terhelését a földszinttől számított másfél méter magasan kihelyezett mérőműszerrel végeztük.

A szállópor mennyiségét Vortex Timer 2 mintavevővel mértük szintén a munkavállaló légzési zónájában, a por összegyűjtésére üvegszálalás szűrőpapírt alkalmaztunk, amelyet a laboratóriumban szárítási eljárás után négy tizedes pontosságú analitikai mérlegen mértek le.

Határérték TNT esetében: ÁK: 0,09 mg/m³; CK: 0,36 mg/m³.

Határérték inert⁴³ porra: totálpor frakció: 10 mg/m³; respirábilis⁴⁴ frakció: 6 mg/m³.

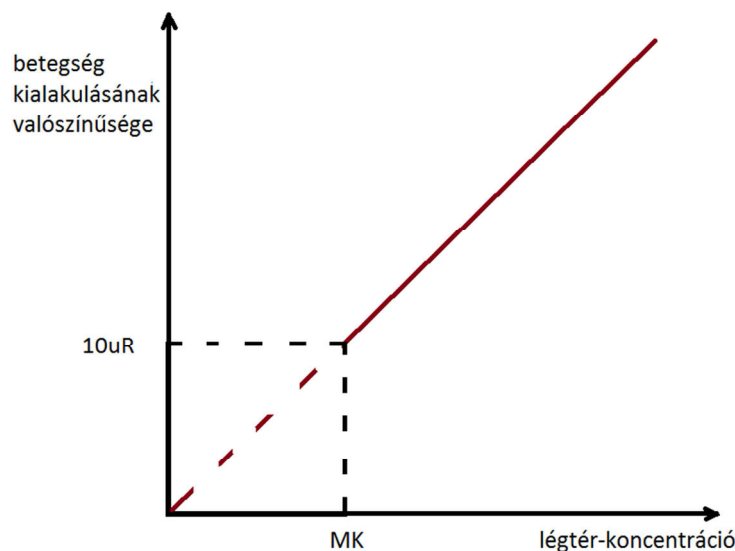
A gáz halmazállapotú légszennyezettség vizsgálat eredménye minden esetben mérési határérték alatt volt, míg a pormérés során a szállópor tömegkoncentrációja 0,3 mg/m³ a teljes frakcióra, ebből a belélegezhető frakció 0,12 mg/m³. Összetétele mikroszkópos vizsgálattal elemezve inert por, amely nem haladja meg a határértéket.

A mérési eredmények alapján bontatlan csomagolás esetén a munkavállalót inhalációs expozíció nem érheti.

Természetesen más a helyzet megbontott, esetleg széttört, szétporladt, vagy eleve por alakban alkalmazott, esetleg robbanótestből kikapart vagy kiolvasztott robbanóanyag esetén. Mindig az adott kiszerelés, az alkalmazás módja és a robbanóanyag típusa határozza meg a kockázatokat, a betartandó higiénés szabályokat és az alkalmazandó egyéni védőeszközöket. Erről későbbi alfejezetekben részletesebben lesz szó.

II.3.2. KARCINOGÉN HATÁS

A késői toxikus hatású vegyi anyagok munkatérben való megjelenése nagyon kis mennyiségben is jelentős egészségkárosító kockázatot jelent, jellemző a kifejezetten hosszú latenciaidő (akár 30–40 év) és a sztochasztikus dózishatás-, dóziszválasz összefüggés. [90]



35. ábra Sztochasztikus dózis–hatás összefüggés rákkeltő vegyi anyagok esetén [90]

⁴³ Inert por: Nincs egészségkárosító (pl. mutagén, rákkeltő, fibrogén, mérgező, allergizáló, irritatív, egyéb mérgező) hatása.

⁴⁴ Respirábilis, vagy belélegezhető porfrakció, az 5–7 µm-nél kisebb porszemcsék, melyek képesek lejutni a tüdő lég hólyagocskába.

A sztochasztikus hatás fő jellemzője, hogy nincs küszöbdózis és a hatás nem biztosan következik be, csak statisztikai valószínűsége van, hogy egy populációban bekövetkezhet. Itt alkalmazzuk a maximális koncentrációt (MK), mint abszolút határértéket.

A késői toxikus hatások típusai: genetikai állományra ható (mutagén), daganatkeltő (karcinogén), utódokat károsító (teratogén). [90]

Kémiai anyagok rákkeltő besorolása: az ENSZ Nemzetközi Rákkutató Ügynöksége (IARC) rendszeresen összeállítja, ill. felújítja a rendelkezésre álló kísérletes és epidemiológiai adatok igen alapos kritikai elemzése alapján a különböző rákkeltő kockázati tényezők, vegyi anyagok, tevékenységek listáját. Ennek a listának a figyelembe vételével készülnek az Európai Unió és nemzeti szabályozások. Az alábbi táblázatban az IARC által alkalmazott rákkeltő besorolást mutatom be hétköznapi és a robbanóanyagok világából vett példákkal. [93] Az anyagok és keverékek osztályozásáról, címkézéséről és csomagolásáról, a 67/548/EGK és az 1999/45/EK irányelv módosításáról és hatályon kívül helyezéséről, valamint az 1907/2006/EK rendelet módosításáról szóló Európai Parlament és a Tanács 1272/2008/EK rendelete (2008. december 16.) VI. mellékletében besorolja a jelenleg az Európai Unió által veszélyesnek ítélt vegyi anyagokat. Jelenleg egyedül a TNT gyártás köztitermékeként előforduló 2,4-dinitrotoluolt (DNT) sorolja rákkeltő kategóriába a robbanóanyagokkal kapcsolatban. [94]

8. táblázat Karcinogén kockázati tényezők IARC besorolása (saját szerkesztésű táblázat a korábbiakban hivatkozott irodalmi források és jogszabályok alapján)

| | Csoportbesorolás | Példák a mindennapi életből | Robbanóanyagok besorolása |
|-----------|---|--|---------------------------|
| 1 | Emberben epidemiológiai adatokkal is bizonyítottan daganatkeltő anyagok | benzol, dohányfüst, azbeszt, anilin, ionizáló sugárzás, vinil-klorid, etilén-oxid, | |
| 2A | Emberben valószínűleg daganatkeltő anyagok (állatkísérletekben bizonyított hatás, de a humán epidemiológiai adatok még nem elegendőek, vagy nem konkluzívak) | dízel kipufogógázok, kvarclámpa használata, éjszakai (váltó) műszakban végzett munka | DNT |
| 2B | Az anyag emberben feltehetően daganatkeltő anyagok (állatkísérletekben valószínű daganatkeltő hatás, humán epidemiológiai adatok hiányoznak, vagy elégtelenek) | kávé, kipufogógázok, benzin, vegytisztításban dolgozók | |
| 3 | Az anyag (és keverékei) emberben daganatkeltés szempontjából nem besorolhatók | koffein, szaharin és összetevői, tea | TNT, pikrinsav, tetril |
| 4 | Az anyag az emberre nézve bizonyítottan nem rákkeltő | caprolactam | |

Jelenleg az IARC a világ minden részéről származó tudományos cikkek és kísérletek eredményeit elemezve nem talált bizonyítékot arra, hogy az értekezésben szereplő robbanóanyagok közül valamelyik rákkeltő lenne, de ezt a listát rendszeresen felülvizsgálják, folyamatosan figyelik a tudományos eredményeket, megfigyeléseket, rákregisztereket, statisztikai adatokat. Ha lehetségesnek tartják, valószínűsítik, vagy bizonyítják a karcinogén hatást, amely akár 30 év múlva is jelentkezhet, átsorolják az adott anyagot, tevékenységet.

II.3.3. MUNKAVÁLLALÓK VIZSGÁLATI ADATAINAK ÉRTÉKELÉSE

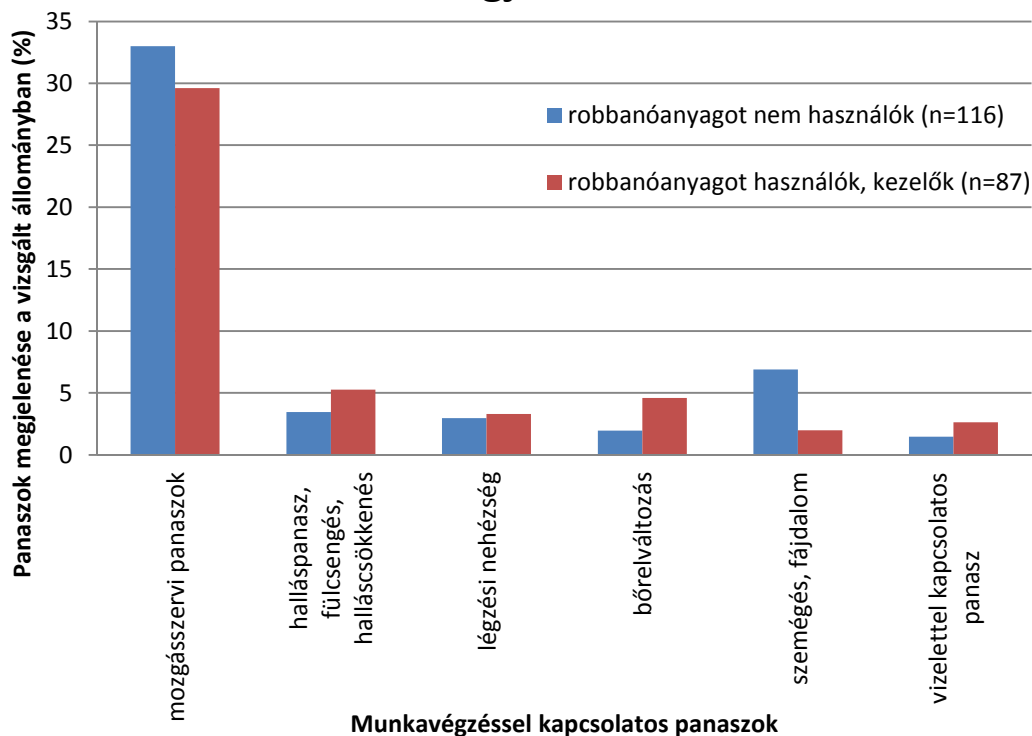
Szándékosan alkalmazom az összefoglaló munkavállaló kifejezést, mert a haderőreform eredményeként létrejött mai Magyar Honvédségnél szolgálatot teljesítő katonákat is megilletik – egyes rendkívüli helyzeteket kivéve – a biztonságos és egészséget nem veszélyeztető munkavégzés feltételei, melyet a munkáltató köteles biztosítani.

Minden katona kapcsolatba kerül robbanóanyagokkal legalább a kiképzése során egy alkalommal, de vannak munkakörök, ahol ez a tevékenység a mindennap részét képezi, ezek a robbanóanyag-raktárosok, a műszaki kiképzők, a robbanóanyagokat minősítő laboratórium munkatársai és természetesen a tűzszerészek. A tűzszerészek a fel nem robbant katonai eredetű robbanószerkezeteket (UXO) hatástalanítják és semmisítik meg az ország teljes területén, valamint a különböző missziókban és a Pápai Bázisrepülőtéren az IED ellenes tevékenység részeként szintén robbantási feladatokat hajthatnak végre.

Jelenleg 152 fő robbanóanyaggal napi szinten kapcsolatba kerülő munkavállaló teljesít szolgálatot alakulatunknál, ebből 7 nő.

Kérdőíves felmérés során a munkavégzéssel kapcsolatban előforduló panaszokra kérdeztem rá, a válaszok százalékos arányát az állomány robbanóanyagot rendszeresen nem használó részének (gépjárművezetők, hadihajósok, adminisztratív munkakörben dolgozók) válaszaival hasonlítottam össze. Nem találtam nagymértékű eltérést a két csoportban, viszont szeretném felhívni a mozgásszervi panaszok magas arányára mindkét állományban.

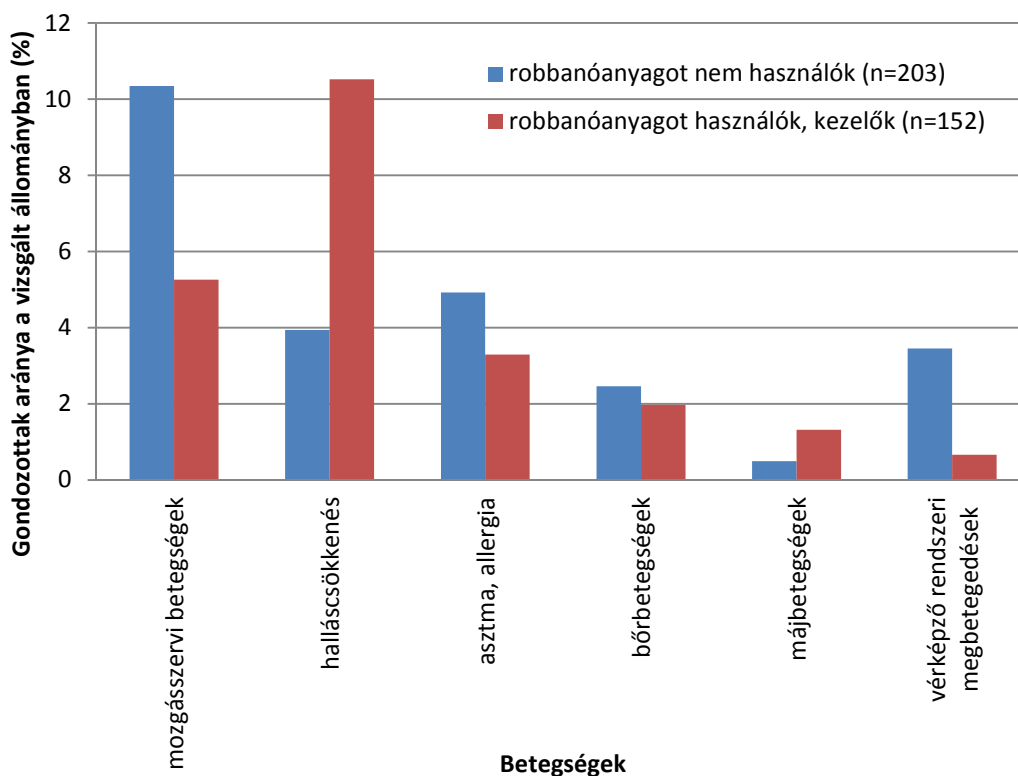
Munkavégzéssel kapcsolatos panaszok megjelenése



36. ábra Munkavégzéssel kapcsolatos adatok megjelenése kérdőíves felmérés alapján (saját szerkesztésű diagram)

A csapatorvosi rendelőben krónikus problémákkal betegséggel gondozott betegek arányát a következő grafikon mutatja. Gondozásba veszünk minden a különböző szűrő- és alkalmassági vizsgálatok során kiszűrt, vagy kifejezetten a betegséggel a rendelőben megjelenő munkavállalót, akik tartósan kezelésre, vagy rendszeres ellenőrző vizsgálatra szorulnak. Kiemelném, hogy itt is nagyobb arányban jelennek meg a mozgásszervi betegségek mindkét csoportban. A különböző fokú halláscsökkenés mutatható ki a robbanóanyagot kezelők kb. 10%-ánál, ez a másik csoportban lényegesen alacsonyabb, a harmadik fejezet második részében lesz szó részletesen a halláscsökkenés okairól. A vizsgált időszak előtt több esetben előfordult robbanóanyag kezelése kapcsán sárga bőrelszíneződés az érintettek körében, de köszönhetően a biztosított egyéni védőeszközöknek, a rendszeres oktatásnak és ellenőrzésnek évek óta nem jelentkezett ez a probléma.

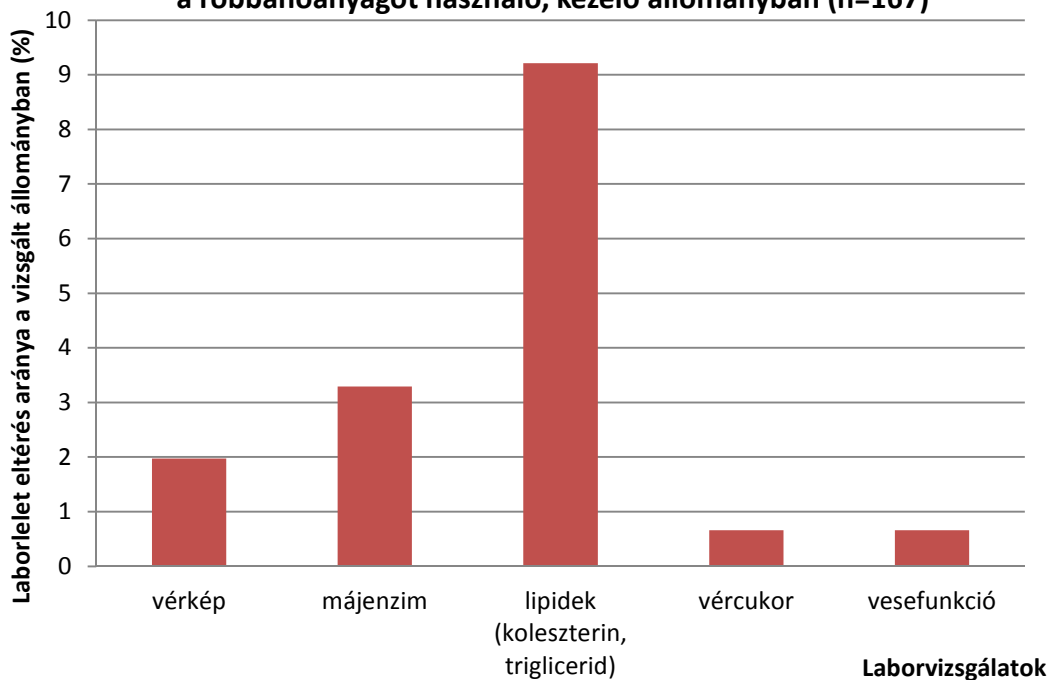
Krónikus betegséggel, problémákkal gondozottak



37. ábra Krónikus betegséggel, problémákkal gondozottak aránya (saját szerkesztésű diagram)

Két éves időszak alatt (2011.07.01–2013.06.30.) a teljes állomány legalább egyszer átesett laborvizsgálaton a robbanóanyagot kezelő, használó csoportban. A kivizsgálást, kezelést, utánkövetést igénylő laboreltérések arányát mutatja a következő diagram. A lipidek magas aránya a civilizációs ártalmaknak, testalkatnak, életmódnak köszönhető. A vércép eltérések egy eset kivételével banális fertőzések jelei voltak. Egy esetben 2. típusú cukorbetegségre derült fény, egy betegnél pedig a vesefunkciós eltérések kivizsgálása jelenleg is tart. A májfunkciós vizsgálatok jelentőségéről a következő szakaszban részletesebben szó lesz.

Laborvizsgálat során kivizsgálást, illetve kezelést vagy ellenőrzést igénylő esetek a robbanóanyagot használó, kezelő állományban (n=167)



38. ábra Laborvizsgálat eredményei (saját szerkesztésű diagram)

Májenzim eltérések, májbetegségek:

A különböző ipari vagy egyéb munkaköri expozíció okozta májkárosodás gyakorlatilag nem különbözik sem klinikai, sem morfológiai szempontból a gyógyszerek vagy alkohol okozta májbetegségektől. A toxikus okokon túl számtalan más faktor okozhat májbetegséget, számos kórokozó, veleszületett enzimbetegségek, autoimmun betegségek, epeutakat érintő betegségek, daganatos betegségek és korunk népbetegsége az elhízás szintén elváltozásokat okoz a májban, mind szerkezeti, mind funkcióbeli problémákat. [95]

A máj funkciókárosodását számtalan betegség és állapot okozhatja, sokszor több tényező együttes jelenléte a felelős, egyes kórokok egymás hatását meg is erősíthetik a károsodás létrehozásában. Nehéz megítélni az egyes faktorok jelentését, arányát, mivel a végeredmény a máj funkcionális és szövettani elváltozása nagyon hasonlít vagy nem is lehet különbséget tenni.

9. táblázat Májbetegséget okozó kóroki tényezők összefoglalása (saját szerkesztésű táblázat Herold Belgyógyászat könyve alapján) [96]

| Csoport | Kórok | Példa |
|------------------------------------|--|--|
| Fertőző betegségek | vírusok | a májat megbetegítő vírusok pl. Hepatitis A, B, C, D, E számos vírusfertőzés részjelensége, tünete a májelváltozás pl. Epstein- Barr vírus, Cytomegalovírus |
| | baktériumok | leptospirosis, brucellosis |
| | paraziták | malaria, echinococcus |
| | epeúti elzáródást okozó betegségek | primer biliáris cirrhosis, primer sclerotizáló cholangitis |
| Autoimmun betegségek | májsejtet érintő | autoimmun hepatitis |
| Tárolási betegségek | részanyagcsere zavara | Wilson-kór |
| | vasanyagcsere zavara | haemochromatosis |
| Toxikus májkárosodás | legális és nem legális drogok | alkohol |
| | gyógyszerek | paracetamol, antibiotikumok, hormonkészítmények, szteroidok, citosztatikumok |
| | foglalkozási expozíció | ld. külön táblázat |
| | gyermekkorban aspirin | Reye-szindróma |
| | egyéb | gyilkos galóca, aflatoxin |
| Táplálkozási zavarok | zsíryananyagcsere-zavara | elhízás, zsír-túladagolás parenterális táplálás során |
| | éhezés | fehérjehiányos malnutritio |
| Veleszületett betegségek | enzimhibák | Gilbert-kór alfa 1-proteáz inhibitor-hiány |
| Szív-érrendszeri megbetegedések | szívelégtelenség | pangásos máj |
| | máj nagyereinek megbetegedései | Budd-Chiari szindróma ischaemia |
| Terhesség | terhességi toxicosis | preeclampsia HELLP-szindróma |
| Epeúti betegségek | epeúti elzáródás | epeúti kövek, paraziták pl. ascariasis |
| | epeutak elzáródása külső okok miatt | daganat, tályog |
| Daganatok | jóindulatú | hepatoma |
| | rosszindulatú | hepatocelluláris carcinoma májáttét |

10. táblázat Máj funkcionális vizsgálatának értékelése [97]

| Vizsgálat | Normális érték | Eltérés | | | |
|-----------------------------------|----------------|-----------|-----------|----------|--------|
| | | minimális | mérsékelt | jelentős | súlyos |
| Szérumbilirubin (összes) (µmol/l) | 5–25 | 25–35 | 35–50 | 50–70 | >70 |
| AST (GOT) (U/l) | 10–37 | 38–52 | 53–74 | 75–128 | >129 |
| ALT (GPT) (U/l) | 5–40 | 41–60 | 61–80 | 81–160 | >161 |
| GGT (U/l) | 7–50 | 51–75 | 76–100 | 101–200 | >201 |
| AP (U/l) | 98–279 | 280–420 | 421–560 | 561–1200 | >1200 |
| Összfehérje (g/l) | 60–85 | 55–59 | 45–54 | 35–44 | <35 |
| Protrombin (%) | 95–100 | 85–95 | 75–84 | 50–74 | <49 |

A foglalkozási betegségek felderítése során igazolni kell a hepatotoxikus⁴⁵ anyag jelenlétét, a bejutás módját, főleg helyesen alkalmazott védőeszközök esetén az ok – okozati összefüggést. Sokszor krónikus kis dózisú expozíció vezet a máj visszafordíthatatlan betegségéhez. A megjelenő elváltozás nagymértékben függ az érintett sérülékenységtől, regenerálódási képességétől, általában elmondható, hogy a nőknél kisebb expozíció is elég a hatás kiváltásához, főleg alkohol esetében. [95]

A rendszeres hepatotoxikus vegyi anyag expozíció eredményezheti a máj detoxikáló képességének fejlődését, megerősödését a biotranszformációban⁴⁶ részt vevő enzimek mennyiségének és aktivitásának növelésével, ez zajlik le az alkohol tolerancia növekedésénél is, ebben a stádiumban az alkoholisták mája gyorsabban bontja le a gyógyszereket is, műtételnél nehezebben altathatók.

Egyes vegyi anyagok együtt „fogyasztása” jelentősen csökkentheti az egyik anyag méregtelenítésének határfokát, pl. alkohol fogyasztása csökkenti a TNT lebontását, így jelentősen megnöveli a toxicitását.

Több, mint 100 vegyi anyag bizonyítottan toxikus a májra, ez lehet direkt májsejtkárosító hatás (pl. kloroform) vagy a máj metabolikus folyamataival való interferencia révén okoznak indirekt károsodást (pl. etanol). Vannak olyan anyagok, melyekre a szervezet túlérzékenységi reakcióval válaszol, ennek révén okoznak májbetegséget (pl. fenitoin). [95] A trinitrotoluol, tetril, pikrinsav együttes mérgezés esetén potencírozhatják egymás májkárosító hatását.

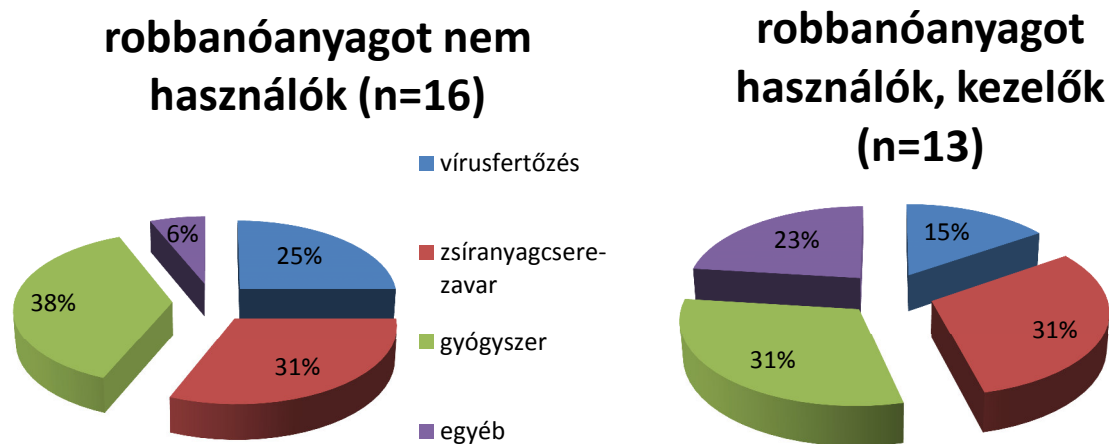
⁴⁵ Hepatotoxikus: májkárosító.

⁴⁶ Biotranszformáció: a máj méregtelenítő funkciója.

11. táblázat Hepatotoxikus vegyi anyagok (saját szerkesztésű táblázat Ungváry: Munkaegészségtan alapján) [95]

| Betegség | Vegyi anyagok (példák) |
|---|--|
| Akut citotoxikus májgyulladás ⁴⁷ | trinitrotoluol, pikrinsav, tetril szén-tetraklorid, tetraklóretán triklóretilén, kloroform szén-tetrabromid, brómbenzol klórozot naftálok foszfor halotán acetaminofen |
| Akut cholestaticus májgyulladás ⁴⁸ | metilén-dianilin |
| Szubakut hepaticus necrosis ⁴⁹ | trinitrotoluol |
| Májzsugorodás ⁵⁰ | trinitrotoluol, tetril tetraklóretán poliklórozott bifenilek klórnaftalénok |
| Májtumorok | arzén vinil-klorid dimetilnitrózamin |

5 éves időszak alatt (2008–2012) májenzim eltéréssel kivizsgált és kezelt betegek kórokait mutatja az alábbi diagram.



39. ábra Májenzim-eltérés miatt kivizsgált betegek (saját szerkesztésű diagram)

⁴⁷ Akut citotoxikus májgyulladás: közvetlenül a májsejtek elfajulása, elhalása miatt alakul ki a gyulladás.

⁴⁸ Akut cholestaticus májgyulladás: a májon belüli kis epeutak károsítása révén alakul ki a májgyulladás.

⁴⁹ Szubakut hepaticus necrosis: kis dózisu ismételt expozíció miatt a tünetek nem azonnal, hanem pár héttel, hónappal később jelentkeznek, a folyamat során a májsejtek elhalása következik be.

⁵⁰ Májzsugorodás: a májszövetben krónikus expozíció hatására a folyamatosan elhaló és regenerálódó szövetek szerkezeti átépülést hoznak létre, nem visszafordítható a folyamat, hosszú távon a máj elégtelen működéséhez vezet

A robbanóanyagot használó csoportban nem volt több esetszám a májenzim-eltéréseket tekintve, az öt éves időszak alatt akut panasszal jelentkezők pedig kizárólag súlyos vírusfertőzéshez (CMV, EBV) kapcsolható májgyulladással jelentkeztek (jelentős vagy azt meghaladó eltérés). A szűrővizsgálaton felfedezett enyhe májenzim-emelkedéseket (minimális vagy mérsékelt eltérés) az elhízás és vérzsír-szint emelkedés okozta eltérések, pár héten belüli, vagy folyamatos gyógyszeresedés, főleg antibiotikum és fogamzásgátlók, valamint valószínűsíthetően a sokszor külföldről beszerzett, ismeretlen összetételű testépítő készítmények (23%!) alkalmazása okozta. A vizsgált betegeknél pár hét-hónap alatt a májfunkciós értékek maradéktalanul rendeződtek, a munkakörből ideiglenesen kiemelésre kerültek.

Az időszakos alkalmassági vizsgálatok során kiemelt figyelmet kell fordítani a robbanóanyagok esetleges károsító hatásainak kimutatására. Biológiai expozíciós mutató ezekre a kemikáliákra nincs meghatározva, így a célszervek károsodását tudjuk detektálni. Az expozíció megítélését nehezíti, hogy számos más ártalom, betegség is tud hasonló elváltozásokat létrehozni. Elváltozás esetén mindig ki kell zárunk a lehetséges egyéb kóroki tényezőket is.

II.3.4. EGYÉNI VÉDŐESZKÖZÖK

Robbanóanyagok alkalmazása során a fent részletezett expozíciós utakon kell megakadályoznunk a robbanóanyagok felszívódását, ha szervezési, műszaki intézkedésekkel nem sikerül kiküszöbölni a problémát.

Az első fejezetben általánosságban mutattam be az egyéni és katonai védőeszközöket, itt részletesebben lesz szó a robbanóanyagokkal végzett tevékenységek esetén ajánlott egyéni védőeszközök kiválasztásáról, típusairól.




40. ábra Hexogén por kiserelése robbantási kísérletekhez [7]

SZEMVÉDELEM

A robbanóanyagok hatásainak részletes elemzésénél már említésre került, hogy egyes robbanóanyagok gőze, pora szembe kerülve mérgezést okozhat, ugyanez a helyzet a keverés során alkalmazott adalékanyagok szembe fröccsenésével kapcsolatban is. A mechanikai védelem ebben az esetben nem elsődleges, fontosabb a vegyi védelem, az anyagok gőze és a porok, aeroszolok elleni védekezés. Alapvetően a nagyfokú párolgással vagy porképződéssel járó tevékenységekhez szükséges a szemvédő eszköz, ezek gyártás, keverés, csomagolás közben, vagy különböző robbanótestek szétszerelésekor, a robbanóanyag kikaparása vagy kiolvasztása esetén fordulhatnak elő.

12. táblázat Szemvédelem robbanóanyagokkal való tevékenységhez (saját szerkesztésű táblázat)

| Tevékenység | Védőeszköz megnevezése | Védelmi kategória | Vizsgálati szabvány száma | Védelmi képesség jelzése | Példa |
|--|--|-------------------|--|---|------------------|
| Robbanóanyagok gyártása, keverése, kiserelése, töltése, kaparása, olvasztása | Zárt védőszemüveg (Acetát lencse, véd a repülő, pattanó szilárd részecskék ártalma ellen (F), szobahőmérsékleten 30% kénsav, 53% salétromsav, 30% nátrium-hidroxid, víz, és nem veszélyes folyadék fröccsenése ellen, továbbá finom porok és aeroszolok ellen (5); 1-es optikai osztály, páramentes, látásjavító eszközzel együtt viselhető.) | 2 | MSZ EN 166 MSZ EN 170 MSZ EN 172 |  | 3M Premium 2790A |



41. ábra Vegyi hatások elleni védőszemüveg (3M Premium 2790A) [98]

A csomagolt, kiserelt, öntött vagy préselt, tehát felhasználásra előkészített robbanóanyagoknál vegyi hatások elleni szemvédelem nem szükséges, a kéziszerszámokkal végzett tevékenységekhez javasolt lepattanó részecskék elleni mechanikai szemvédelemre, ilyenkor az erre a célra kifejlesztett polikarbonát védőszemüveg az optimális.

A szemvédelemhez hozzá tartozik, hogy a balesetek lehetőségére fel kell készülni, a helyben kötelezően tartandó elsősegély felszerelés része a szemmosáshoz szükséges eszköz. Helyhez kötött, üzemi tevékenység esetén falra szerelhető szemmosó állomás kihelyezése is hasznos.



42. ábra Falra szerelhető szemmosó állomás [99]





LÉGZÉSVÉDELEM

A robbanóanyagok gőze, pora belélegezve mérgezést okoz. Amennyiben az adott vegyi anyag légtér-koncentrációja mind gáz, mind por esetén meghaladja a határértékeket (ÁK, CK) és nem lehetséges szintjének csökkentése műszaki intézkedésekkel, egyéni védelmet kell alkalmazni. Ilyen tevékenységek a gyártás, keverés, csomagolás, vagy különböző robbanótetek szétszerelésekor, a robbanóanyag kikaparása vagy kiolvasztása.

Légzésvédők kiválasztásánál először el kell döntenünk, hogy alkalmazható-e szűrő típusú légzésvédő, vagy a környezettől teljesen független, izolációs légzésvédő szükséges. Ezt a munkatér levegőjében jelen lévő oxigén koncentrációja és a toxikus szennyező anyagok összesített koncentrációja határozza meg. Ha kevesebb a jelen lévő oxigén 17%-nál, vagy nagyobb a szennyező anyagok koncentrációja 1%-nál, akkor csak izolációs légzőkészülék alkalmazható. [100]

Robbanóanyagokkal végzett tevékenységnél általában szűrő típusú légzésvédőt alkalmazunk. A pontos meghatározáshoz elengedhetetlen a légtér-koncentráció és az expozíciós idő meghatározása.

13. táblázat Légzésvédelem robbanóanyagokkal való tevékenységhez (saját szerkesztésű táblázat)

| Tevékenység | Védőeszköz megnevezése | Védelmi kategória | Vizsgálati szabvány száma | Védelmi képesség jelzése | Példa |
|--|---|-------------------|---------------------------|---|---------------------------|
| Robbanóanyagok gyártása, keverése, kiszerezése, kaparása, olvasztása | Félálarc cserélhető szűrőbetétekkel (szűrőbetét ammónia és vegyületei (K) és/vagy szerves gázok, gőzök ellen (A), valamint P3 típusú részecskeszűrő.) | 3 | EN 405:2003 |  FFP3 A1K1 | 3M 6000 sorozatú félálarc |
| | Szelepes szűrőfélálarc (Véd a mérgező, nagyon mérgező, rákkeltő porok, aerosolok, permet ellen, megnövelt légzőfelülete csökkenti a légzési ellenállást.) | 3 | EN 149:2001 |  FFP3DSL | 3M 8835 |
| Betöltés (ANDO) | Egyszerhasználatos légzésvédő szűrőfélálarc (Véd a porok ellen.) | 3 | EN 149:2001 |  FFP2 | 3M 8810 |
| Havaria ⁵¹ | Izolációs légzésvédelem (sűrített levegős légzőkészülék töltőautomatával.) | 3 | EN 137:2006 |  | AirGo compact |



43. ábra FFP3 D szűrő típusú félálarc [101]

Légzésvédő eszközök alkalmazásánál az alábbi szempontokat mindig be kell tartani: minden használat előtt meg kell vizsgálni, hogy megfelelő védelmi képességgel rendelkezik, sértetlen, tiszta, megfelelően van összeszerelve. Az elhasznált szűrőbetétet azonnal el kell távolítani, veszélyes hulladéknak minősül. Felvételkor meg kell győződni a pontos illeszkedésről, szakállas munkavállalónál a használat problémás lehet az alászívás miatt. Elhasználódás esetén csere szükséges, nincs kihordási ideje, megfelelően karban kell tartani

⁵¹ Havaria: katasztrófhelyzet, nagy mennyiség kiömlése, tűz, jelen esetben pl. egy robbanóanyag keverő üzemből.

és ellenőrizni. A munkavállalót meg kell tanítani a használatára, csak egészségileg alkalmas személy alkalmazhatja, használat közben pihenőidőt kell biztosítani. [100]

A csomagolt, kiserelt, öntött vagy préselt, tehát felhasználásra előkészített robbanóanyagoknál légzésvédelem általában nem szükséges, mérési eredmények és kockázatértékelés alapján kell eldönteni az előírását.

KÉZVÉDELEM

A legnagyobb mennyiségben alkalmazott robbanóanyagok felszívódnak a bőrön keresztül, ezért minden tevékenységhez, amelynél hozzányúl a munkavállaló, vegyi anyagok elleni védőkesztyűt kell alkalmazni. Természetesen nem mindegy, hogy csak felületi érintkezéstről, fröccsenésről van-e szó, vagy hosszabb ideig elmerül a tevékenységet végző keze az adott kemikáliában. A kesztyű vastagságát és alapanyagát általában az alkalmazott vegyi anyag és az expozíciós idő, valamint a munkavégzés közbeni egyéb kockázati faktorok – mechanikai tényezők, hő – határozzák meg. [102]

Kesztyűk meghatározása céljából az alkalmazási területeket három csoportra osztottam, és mindhárom csoportra meghatároztam az alkalmazandó védőkesztyű típust, valamint annak alapanyagát.

Általános munkavégzéshez, amely elsősorban a kiserelt, csomagolt robbanóanyagok alkalmazását jelenti, elegendő egy normál mechanikai hatásoknak ellenálló védőkesztyű, természetesen, ha robbanóanyaggal szennyeződik, akkor ki kell cserélni és veszélyes hulladékként kezelendő. Általában bőrből készül, javasolt a csuklóvédős kialakításút választani.









Nitril alapanyagú kesztyű ajánlott általában a robbanóanyagok kezeléséhez, ammónium-nitrát alapú robbanóanyagoknál a teljes gyártás során megfelelő. Nagyon jó ellenállást kínál olajokkal, zsírokkal és szénhidrát-származékokkal, valamint aromás vagy klóros oldószerekkel szemben. Ketonokkal, erős oxidálószerekkel, észterekkel vagy aldehidekkel fennálló hosszantartó érintkezés esetén nem ajánlott. Súrlódás- és szúrásállósága is kiváló, viszont kissé merev elasztomer, a vastag nitrilkesztyűk korlátozhatják a kézügyességet, hideg környezetben ez a hatás fokozódik. Nem tartalmaz fehérjéket és nagyon alacsony a gyorsító-tartalma, ezért a felhasználók nagyon jól tolerálják, különösen hosszantartó viselés esetén. [103]

A fluoroelasztomer egy nagyteljesítményű polimer, amely aromás oldószerekkel, kén-alapú vegyszerekkel és aminokkal fennálló hosszantartó érintkezés során ajánlott, nem

javasolt ketonokkal, szerves savakkal és acetátokkal fennálló hosszú érintkezés esetén. A fluorelasztomer alapanyag igen drága, speciális rendeltetésű polimerként osztályozzák és nagyon magas védelmet igénylő alkalmazásokra tartják fenn. Nitrocsoportot tartalmazó aromás vegyületek pl. robbanóanyagok (TNT, tetril) gyártásánál ajánlott. [103]

Kényelem szempontjából az legfontosabb a belső kialakítás. Ezt az alapján kell megválasztani, hogy milyen hosszú ideig viselik a kesztyűt. Hosszantartó viselés esetén előnyösebb belső pamutbéléssel rendelkező kesztyűt választani az izzadás hatásainak csökkentése érdekében. A kesztyű hajlékonysága és rugalmassága is kiemelt tényező. Minél vastagabb a kesztyű, annál kevésbé hajlékony, növeli a kéz elfáradását. [102]

14. táblázat Kézvédelem robbanóanyagokkal való tevékenységhez (saját szerkesztésű táblázat)

| Tevékenység | Védőeszköz megnevezése | Védelmi kategória | Vizsgálati szabvány száma | Védelmi képesség jelzése | Példa |
|--|--|-------------------|----------------------------|---|-----------------|
| Általános használatra | Mechanikai védőkesztyű (anyag: kopásálló szintetikus bőr; artéria és körömvédő, rugalmas, vékony poliészter kézhát, elasztikus mandzsetta, állítható tépőzáras szegéllyel) | 2 | MSZ EN 420 MSZ EN 388 |  3122 | Guide család |
| Robbanóanyagokkal való szokásos tevékenységre | Nitril védőkesztyű, pamuttal pelyhezett belső, dombormintás külső kialakítás, csuklónál biztonsági mandzsetta | 3 | EN 388 EN 374 |  4101,  JKL,  | Ultranitril 485 |
| Nitrocsoportot tartalmazó aromás vegyületek esetén, ha kiemelt védelem szükséges | Fluoroelasztomer védőkesztyű, textil bélés, sima külső kialakítás, csuklónál biztonsági mandzsetta | 3 | EN 388 EN 374 EN 407 |  4241,  ACDEFGJKL   XIXXXX | Fluotex 344 |



44. ábra Nitril védőkesztyű [103]








45. ábra Fluoroelasztomer védőkesztyű [103]

TESTVÉDELEM

A robbanóanyagokkal való tevékenységhez általában egy évszagnak megfelelő antisztatikus védőruházatot alkalmazhatunk, azzal a kikötéssel, hogy a védőruhát a dolgozó nem viheti haza, a munkáltató tisztíttatja, hogy az esetleges robbanóanyag maradványok a munkavállaló otthonában ne szóródjanak szét. Egyes tevékenységek a robbanóanyag-gyártás során igényelhetik a magasabb szintű védelmet a bőrön keresztüli felszívódás megakadályozása érdekében, természetesen függ a fröccsenés valószínűségétől és a gőzök, porok légtér-koncentrációjától.

15. táblázat Testvédelem robbanóanyagokkal való tevékenységhez (saját szerkesztésű táblázat)

| Tevékenység | Védőeszköz megnevezése | Védelmi kategória | Vizsgálati szabvány száma | Védelmi képesség jelzése | Példa |
|-----------------------------|--|-------------------|---|--|---------------------------|
| Robbanóanyag-gyártás (TNT) | Védőoverall: mikropórusos laminált alapanyag magas szintű védelem folyékony vegyszerek fröccsenése és veszélyes porok ellen. Antisztatikusság a nagyobb biztonság érdekében. | 3 | EN 340, EN 368, EN369, prEN 13034, prEN 13982-1:2000, EN 1149-1:1995, EN 533:1997 |     | 3M 4540 Kleenguard A70 |
| Robbanóanyag-gyártás (ANDO) | Védőoverall (véd 1,0 µ-nál nagyobb szemcsenagyságú porok ellen, mindkét oldala antisztatikus, szálmentes, lélegző anyag, patentos záródás) | 1 | EN 340 |  | Kleenguard A20 |

II.3.5. MUNKAHIGIÉNÉS SZABÁLYOK

A kémiai biztonság területén a munkáltató köteles a munkahelyen előforduló veszélyes anyagok által okozott kockázatokat megszüntetni, amennyiben ez nem lehetséges, a kockázatokat az egészséget nem károsító, vagy eltűrhető szintre csökkenteni. Ezt elsősorban a veszélyes vegyi anyagok expozíciójának kiküszöbölésével, az alkalmazott eszközök megfelelő karbantartásával, egyéni védőeszközök biztosításával, a vegyi expozíciónak kitett munkavállalók számának minimalizálásával, megfelelő higiénés körülmények és rendszabályok alkalmazásával kell végrehajtani. [3]

HELYETTESÍTÉS

A munkavédelemben és munkaegészségügyben a helyettesítés elvének lényege, hogy a veszélyes anyagokat egészségre nem vagy kevésbé veszélyessel pótoljuk. [90] Ez a robbantástechnikában az alkalmazott robbanóanyag kiválasztásánál kezdődik. A korábbi alfejezetekben kifejtésre kerültek az egyes robbanóanyagok által potenciálisan okozott egészségkárosító hatások. Ezen információk alapján, amennyiben a technológia engedi, javaslom az ammónium-nitrát alapú robbanóanyagok alkalmazását a trinitrotoluol alapúak helyett, amennyiben ez nem lehetséges, a plasztik típusúak is jobban megfelelnek, mivel kevésbé egészségkárosítóak, természetesen a higiénés szabályokat betartva.

A kimondottan nagy mennyiségű robbanóanyag szükségletű földrobbantási feladatok végzéséhez a toló hatású, nagy gázfejlesztő képességű ipari robbanóanyagok eredményesen felhasználhatók lennének. Ennek igazolására összehasonlító robbantási kísérleteket végeztek harckocsiárok robbantási feladat során. Az eredményeket értékelve megállapítható, hogy összességében csekély eltérés mutatkozik a katonai gyakorlatban eddig kizárólagosan alkalmazott trotil, valamint az emulziós robbanóanyagok hatása között, időjárási viszonyoktól függetlenül használhatók, létezik gyutacsindítható változat is. Külön megemlíteném, hogy a keletkező szén-monoxid mennyisége szempontjából is előnyösebb az ammónium-nitrát alapú robbanóanyagok alkalmazása. [104]

ZÁRT TECHNOLÓGIA, MŰSZAKI INTÉZKEDÉSEK

Robbanóanyagok gyártása, csomagolása közben üzemi körülmények között megoldható a légtér-koncentrációk csökkentése az elszívó berendezések alkalmazásával, zárt technológia kialakításával.

Ezt az ÁRBSZ is előírja a 39.§ (1) pontban:

„A veszélyes mennyiségű mérgező hatású vagy tűz- és robbanásveszélyes gáz, gőz képződésével járó technológiát zárt rendszerűre kell kialakítani, és belső légterének folyamatos szellőztetéséhez technológiai szellőző – berendezést kell létesíteni. A porzással járó műveletnél helyi elszívást biztosító szellőző – berendezést kell alkalmazni.” [105]

Egyes esetekben kis mennyiségek alkalmazásakor pl. minőségellenőrző vizsgálatok során elszívófülkék is alkalmazhatók, hogy a robbanóanyagokból származó porrészecskék ne kerüljenek a légzési zónába.

Felhasználás során már nehezebb műszaki intézkedéseket fogantatosítani, ha nem lehetséges, egyéni védőeszközökkel kell a munkavállalót megvédeni.

Zárt technológiának tekinthető a NONEL⁵²-rendszer is. Az alap egy 3 mm külső átmérőjű, háromrétegű műanyag cső, melynek belső falára vékony (pár mikron vastagságú) robbanóanyag hártját visznek fel (a robbanóanyag HMX⁵³ és alumínium keverék). A robbanóanyag mennyisége elegendő ahhoz, hogy a robbanási lökéshullámot 2100 m/s sebességgel továbbadja a cső teljes hosszában, de kevés ahhoz, hogy a cső falát átütve külső hatást váltson ki. A cső anyaga ellenáll mindenféle külső fizikai hatásnak, vízhatlan, korlátlan méretű és késleltetési idejű hálózat készíthető belőle. Elektromos áramforrás közelségétől függetlenül, akár vízben is alkalmazható. Maga a rendszer teljesen zárt, a robbantást végző szakember semmilyen módon nem érintkezik a robbanóanyaggal. [2]



46. ábra Austin Powder NONEL rendszer [106]

⁵² NONEL: Non–Electric Initiation System (nem elektromos iniciálási rendszer).

⁵³ HMX: oktogén, a nitraminok csoportjába tartozó nagyerejű robbanóanyag, Magyarországon önállóan nem alkalmazzák.

AUTOMATIZÁLÁS

Az automatizálás forradalmasította az ipari termelést és lehetővé tette, hogy a munkavállalóknak egyes veszélyes tevékenységeket, vegyi anyagokkal történő munkát ne közvetlenül, hanem meghatározott távolságból, távirányítással lehessen végrehajtani. Lehetőség van erre a robbanóanyagok kezelésénél is. A fúrtlyukakba történő robbanóanyag töltés és az alapanyagokból magában a robbanóanyagban a helyszínen való bekeverése is megvalósítható ANDO keverő – töltő berendezés alkalmazásával.



47. ábra Fúrt lyukak betöltése kézi erővel [7]



48. ábra Fúrt lyuk betöltése ANDO keverő – töltő berendezéssel [15]

HIGIÉNÉS SZABÁLYOK

A különböző robbanóanyagok szervezetbe jutásának több módja van. A bőrön keresztüli felszívódás a leggyakoribb a foglalkozási expozíciók között. Egyes vegyi anyagok ép bőrön keresztül is bejuthatnak, főleg a zsírban oldódó anyagok, sőt egyes oldószerek megkönnyíthetik más vegyi anyag felszívódását is. Nagyobb jelentősége a sérült bőrön keresztüli felszívódásnak van.

A legtöbb robbanóanyag zsírolékonysága révén ép bőrön át is kiválóan fel tud szívódni, ezt ki is használják a nitroglicerinnel szemben gyógyszerbeviteli célra (Nitroderm tapasz), a hexogén kevésbé jól felszívódó, a sérüléseken keresztül viszont előfordulhat expozíció. Természetesen a felszívódó mennyiség több tényezőtől függ, az érintett bőrfelület nagyságától és helyétől, egyes helyeken, ahol vastagabb a felhám (pl. tenyéren, talpon) nehezebben jutnak át a vegyi anyagok, ahol bőségesen érezett, gyorsabb ütemben jut a vérkeringésbe, ahol vastagabb a bőr alatti zsírszövet, akár tárolódhat is.

Hasonlóan a bőrhöz, a nyálkahártyákon, kötőhártyán keresztül szintén jól felszívódó anyagokról van szó. Munka közben szennyezett kézzel szemhez, szájhoz nyúlás, kézmosás nélküli evés, dohányzás veszélyezteti a munkavállalót. Közvetlen szembe, légúti nyálkahártyákra juthat a robbanóanyagok pora, gőze.

Por, gőz formában egészen a tüdő légchólyagokból szívódik fel a vérkeringésbe a mérgező anyag, ennek kiküszöbölésére tett intézkedéseink a légtér-koncentrációtól függenek, a legtöbb halálos mérgezés az első és második világháború alatt a robbanóanyag-gyártás során inhalációs módon történt.

Kizárólag súlyos munkahigiénés szabálytalanságok vezethetnek vegyi anyagokkal végzett munka közben a szájon keresztüli mérgezésekhez. Robbanóanyagokkal kapcsolatban egy módon tudom elképzelni a szándékos lenyelésen kívül, a munkavállaló a saját zsebkésével (amivel szalonnázni szokott) darabolja a gyújtózsínort, Semtex tömböket.



49. ábra Helytelen robbanóanyag kezelési gyakorlat [107]



50. ábra Semtex vágása egyéni védőeszköz alkalmazásával, erre rendszeresített vágóeszkővel [7]

A következőkben felsorolt munkahigiénés szabályokat kell betartani robbanóanyagok kezelésekor:

- amennyiben felmerül, hogy a robbanóanyag a légtérbe jut, légtérkoncentráció-mérését kell végrehajtani, ennek megfelelően kell az intézkedési stratégiát kidolgozni, elszívás, egyéni védőeszközök tekintetében;
- az előre kiserelt és csomagolt robbanóanyagot (pl. TNT préstest), gyutacsot megbontani tilos;
- az adott munkafolyamatra meghatározott egyéni védőeszközöket kötelező alkalmazni;

- a robbanóanyagok kezeléséhez, vágásához, formázásához csak erre rendszeresített eszközöket lehet alkalmazni, melyet használat után karbantartva, megtisztítva kell eltenni;
- a munkavégzés helyén enni, inni, dohányozni tilos, ezen tevékenységek elkülönített helyen, alapos kézmosás után végezhetők, mosdó használata előtt szintén alapos kézmosás szükséges, a kéztisztítás után bőrvédő készítmény alkalmazása javasolt;
- robbanóanyaggal szennyezett munkaruhát hazavinni tilos;
- a kiszóródott robbanóanyagot veszélyes hulladékként kell kezelni;
- bőrön, főleg a kezeken lévő sérülések esetén, csak azok ellátása, védelme után dolgozhatnak, mivel a sérült bőrön a vegyi anyagok gyorsabban és nagyobb mértékben felszívódhatnak.

II.3.6. MUNKAHELYI ELSŐSEGÉLYNYÚJTÁS

Minden munkahelyen kötelező megfelelő képzettséggel rendelkező elsősegélynyújtó személy és felszerelés folyamatos jelenléte.

Robbanóanyag expozíció esetén a következő feladatokat kell a munkahelyi elsősegélynyújtónak végrehajtani:

- robbanóanyaggal szennyezett sérüléseket alaposan ki kell tisztítani és steril kötszerrel kell befedni, nagy kiterjedésű, mély, szakított, roncsolt sérülés esetén orvosi ellátás szükséges;
- robbanóanyag porának, gőzének belégzése esetén a sérültet friss levegőre kell vinni, nyugalomba kell helyezni és orvosi ellátásban kell részesíteni;
- a robbanóanyag bőrre kerülése esetén a szennyezett ruházatot el kell távolítani, vízzel le kell öblíteni, majd szappannal le kell mosni a bőrt, panasz esetén orvosi ellátás szükséges;
- robbanóanyag szembe jutása esetén bőséges vízzel ki kell öblíteni, kontaktlencsét el kell távolítani (ha könnyen lehet), azután a sérültet orvoshoz kell vinni;
- robbanóanyag lenyelése esetén a szájat ki kell öblíteni, eszméleténél lévő sérültet hánytatni kell, nyugalomba kell helyezni és orvosi ellátásban kell részesíteni;
- elsősegély nyújtásakor az ellátó viseljen védőkesztyűt.

KÖVETKEZTETÉSEK

A robbanóanyagokról általánosságban elmondható, hogy túl a robbanási hajlamukon a legtöbben a nagyon mérgező vegyi anyagok kategóriájába tartoznak, főleg helyi irritációt okoznak a bőrön, nyálkahártyákon és felszívódva több szervet, szervrendszert betegíthetnek meg. Késői toxikus hatásaikról a kevés humán adat miatt nincs elegendő ismeretünk, a nem besorolható kategóriába tartoznak.

Az első és második világháború alatt számos mérgezést okoztak és sok halálos áldozatot szedtek a hadianyag gyárakban, de ma már köszönhetően a szigorú munkavédelmi elvárásoknak ez nem fordulhat elő.

Robbanóanyagot több katonai és ipari területen alkalmaznak, gyorsabb és kevésbé környezetszennyező az alkalmazása, a költségekről nem is beszélve. A rend- és honvédelemben, valamint a bányászatban dolgozó munkavállalók számos alkalommal kerülhetnek kapcsolatba ezen kemikáliákkal.

Az általam javasolt eljárásokkal, higiénés szabályok betartásával és egyéni védőeszközök alkalmazásával elkerülhető a foglalkozási expozíció, mérgezés kialakulása, ami a régi hagyományokat és európai normákat is magába foglaló magyar munkavédelem és munkaegészségügy nem engedhet meg.

A legtöbb, általam tárgyalt robbanóanyagra szigorú határértékek vannak meghatározva, amelyet a robbanóanyagok gőzeire és porára is alkalmazni kell. Ha a munkahelyi levegőben a környezeti monitorozás során megemelkedett koncentrációt találunk, elsősorban a probléma okát kell megszüntetni műszaki intézkedésekkel, amennyiben ez nem lehetséges, egyéni védőeszközöket kell alkalmazni. Ha megérezzük a robbanóanyag keserű ízét a szánkban, kitettük magunkat a robbanóanyagok mérgező hatásának.

A robbanóanyagok esetleges károsító hatását rendszeres időszakos orvosi vizsgálatokkal kell ellenőrizni, ez minden munkáltató és munkavállaló érdeke.

A jelenleg a Magyar Honvédségnél hatályos Mű/213 Robbantási utasításban a robbanóanyagok kezelése során betartandó egészségvédelmi rendszabályok, egyéni védőeszközök nem szerepelnek, céлом, hogy a következő szerkesztésű és kiadású szabályzatokban ezek az információk megjelenjenek.

Az ÁRBSZ elírásai balesetvédelmi jellegűek, a robbanóanyag légtér-koncentráció nem haladhatja meg a robbanási határérték alapján meghatározott, még biztonságos szintet, de nem veszi figyelembe a munkavállalókra vonatkozó ÁK, CK és MK értékeket.

III. FEJEZET A ROBBANÁS SORÁN ELŐFORDULÓ EGÉSZSÉGGÁROSÍTÓ KOCKÁZATOK ÉS MEGELŐZÉSÜK

Ebben a fejezetben magáról a robbanásról, a robbanás során fellépő folyamatokról lesz szó, a robbanásos sérülések kialakulásáról és a megelőzéséről. A sérültek kezeléséről 2010-ben védte meg Dr. Várhelyi Levente PhD értekezését, amely a szerző missziós tapasztalatai révén számos esetleírást is tartalmaz.

A dörejártalom és akut akusztikus trauma témakörét és a robbanási gázok okozta expozíciót külön alfejezetben fejtem ki, mivel az normál munkavégzés kapcsán is veszélyezteti a munkavállalót és nemcsak baleset vagy terrorista támadás eredményeként.

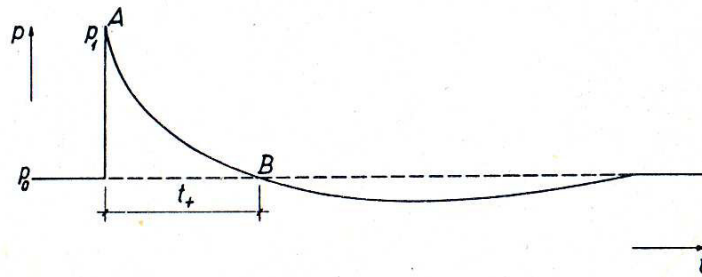
III.1. ROBBANÁSOS SÉRÜLÉSEK KIALAKULÁSA ÉS AZ ÉLŐERŐ VÉDELMEK LEHETŐSÉGEI

III.1.1. A ROBBANÁS SORÁN LEJÁTSZÓDÓ FOLYAMATOK

A robbanás az energiaátalakulás időben és térben való koncentrációja, az anyagi rendszer rendkívül gyors átalakulása, amelynek során energiájának egy része a rendszer és környezete kinetikai és kompressziós energiájává alakul át.

A robbanóanyagok kémiai átalakulásakor igen nagy mennyiségű és igen magas hőmérsékletű (kb. 3000 °C) gáztermék keletkezik az adott robbanóanyag detonációs sebessége és a töltetátmérő által meghatározott igen rövid idő alatt. A keletkező gáztermékek gyors tágulása következtében a robbanási hullám előtt elhelyezkedő közeg összenyomódik, amely felhevíti és felgyorsítja a molekulákat. A nyomáshullám mögött megváltozott környezetben létrejövő újabb hullámok az elől lévő utolérik, azt felerősítik, lökeshullám jön létre. Az adiabatikus kompresszió révén gyorsan felemésződik a lökeshullám energiája, csillapodik, hanghullámmá alakul. A hullámcsomag terjedési sebessége is lecsökken a robbanóanyag detonációs sebességéről a hang terjedési sebességévé. [14]

A robbanási túlnyomást a nyomás – idő görbén a lökeshullám pozitív fázisának nevezzük. Az ezt követő szubatmoszférás területet nevezzük negatív fázisnak. A nyílt területen történő robbanás jellegzetes nyomás – idő görbének alakulását Friedlander hullámnak vagy szabadvonalú hullámnak nevezték el. Zárt térben történő robbanás esetén a nyomás – idő görbe alakulása ettől lényegesen különbözik, mert a lökeshullám a zárt térben található felületekről visszaverődik, előfordulhat, hogy a csúcnyomás a többszöröse a robbanási túlnyomásnak. [108]



51. ábra Túlnyomás – idő görbe [108]

Bizonyos légköri körülmények között (hideg, vagy magas páratartalom esetén) gömbszerű ködfelhő jelenhet meg, a lökéshullám először hirtelen megemeli egy közeg nyomását, majd amikor továbbhalad, mögötte hirtelen leesik a nyomás, és a hirtelen nyomásesés a hőmérséklet esésével a vízpára kicsapódását okozza. [30]



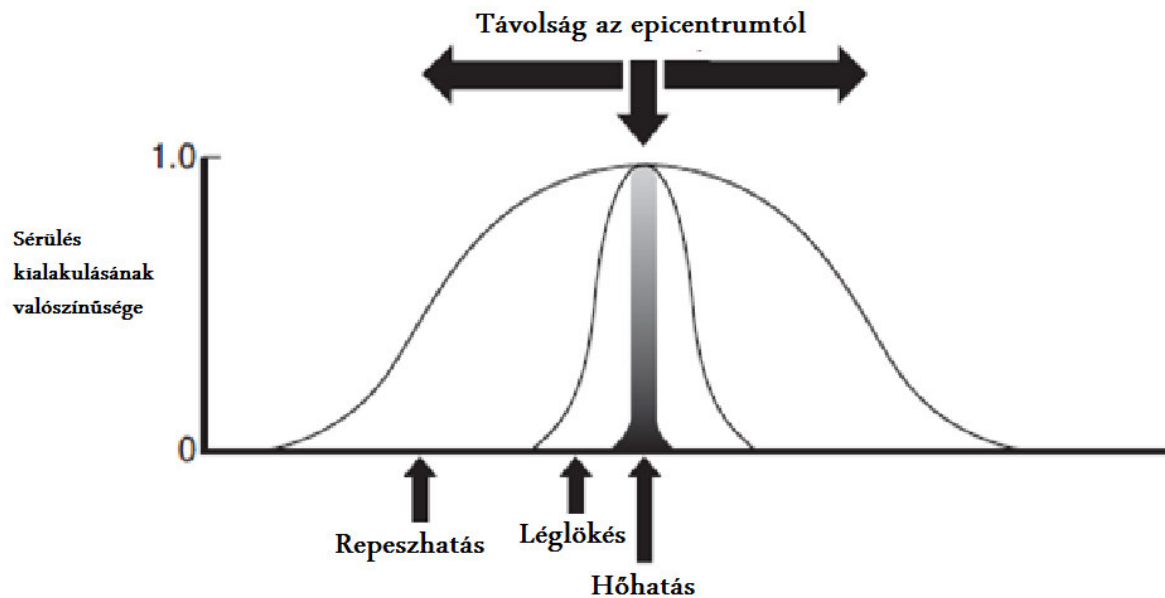
52. ábra A lökéshullám félgömböszerű terjedését mutató pillanatnyi ködfelhő [30]

A nyomáshullámot nagymértékben befolyásolja a térbeli akadályok elhelyezkedése és alakja, szűk vágatokban vagy párhuzamos elhelyezkedésű védősáncok között a nyomás felerősödik, akár a kétszeresére nő.

Általános tapasztalat, hogy a fojtott töltetekkel végzett robbantások esetén a léglökés károsító hatása kizárható. Ha a töltet és az érzékelő között védőfal van, a fal nyomáscsökkentő hatással bír, ezt használják ki a robbanóanyag raktárak elé épített védősáncoknál is. [109]

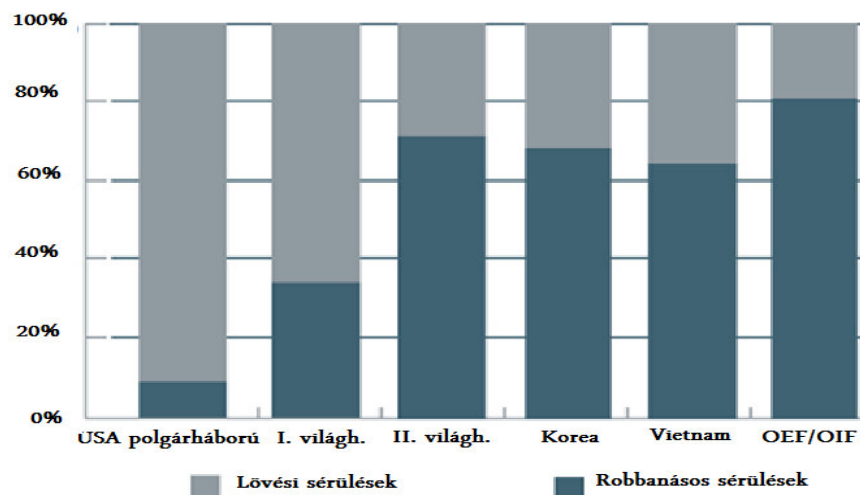
A robbanás okozta sérüléseket a légnyomás-változás és annak következményei, a repeszdarabok és az áldozat repülése, valamint a robbanási folyamat okozta magas hőmérséklet idézi elő. A következő alfejezetekben ezeket a folyamatokat, mechanizmusokat elemzem.

Robbanás során a legsúlyosabb sérültek az epicentrumhoz közel helyezkednek el, ők általában a robbanási túlnyomás következtében fellépő elváltozások miatt meghalnak. A robbanás középpontjától távolabb a légnyomásváltozás már nem érvényesül akkora mértékben, viszont a robbanótestből és környezetéből származó fragmentumok akár több száz méterre képesek elrepülni és sérüléseket okozni.



53. ábra Robbanás hatásai az epicentrumtól mért távolság függvényében [110]

Összehasonlítva a különböző eredetű sebesüléseket a harci bevetésekkor 15–20%-ban lövedékek és 80–85%-ban robbanás okozta sérülésekkel, elsősorban repeszsebesülésekkel találkozunk az egészségügyi ellátás során. [108]



54. ábra Háborús sérülések mechanizmusa a modern háborúkból (OEF/OIF⁵⁴ műveletekben kiemelkedően magas a robbanásos sérültek száma) [110]

⁵⁴OEF/OIF: Iraki és afganisztáni hadszíntérre vonatkozó adatok.

A traumás sérülteket összehasonlítva a robbanásos sérültek esetében több a sokkos állapotú beteg, súlyosabbak a sérülések, azok több szervrendszert érintenek, nagyobb arányban szükséges sebészeti beavatkozás, gyakrabban kerülnek intenzív osztályra az érintettek és hosszabb ideig lábadoznak, nagyobb a halálozási arány. [110]

A testüregbe hatoló, esetleg nagyereket elszakító, nyakat, fejet érintő sérülések gyakran halálosak vagy maradandó rokkantságot is okozhatnak, ezért a hadiiparban, a védőeszközök fejlesztése és gyártása során kiemelt figyelmet fordítanak a katona védelemre. A vietnami háború adatainak elemzésével kimutatták, hogy a halálos sérülések a testfelületen 47%-ban a mellkason és a felső hasi részen, 44%-ban a fej- és nyaktájékon találhatók, míg a halált okozó sérülések mindössze 9%-a esett a test egyéb tájaira, ezért elsődleges fontosságú a védősisakok és védőmellények alkalmazása. [108]

III.1.2. A ROBBANÁS HATÁSAI AZ EMBERI SZERVEZETRE

A robbanás során fellépő hatások eltérhetnek az alkalmazott robbanóanyag, a robbanótest jellegzetességei pl. burkolat, repeszképző anyagok alkalmazása, az iniciálás, a robbantás helye, környezete függvényében.

Alacsony detonációsebességű robbanóanyagok (2000 m/s) pl. feketelőpor, dinamit robbanásakor főleg égési sérülések keletkeznek, a légnyomás hatása elenyésző, repeszek akkor vannak, ha a robbanóanyagok pl. csőbombaként kerülnek felhasználásra. Gyakorlatilag nincs elsődleges robbanásos sérülés. [109] [110]

Magas detonációsebességű robbanóanyagok (pl. TNT, Hexogén, PENT, nitrocellulóz) esetében 3000–8000 m/s-os sebességgel képződik a robbanást követően a másodperc százvezred része alatt rendkívül nagy mennyiségű energia és hő, ami lökéshullám formájában terjed tova az epicentrumhoz képest a térben gömb alakban, a lökéshullám terjedésekor gyorsan csökken a sebessége és energiája. A lökéshullám magából a robbanószerkezetből és a környezetből származó darabokat nagy erővel, messzire képes szétrepíteni. A lökéshullám mögött vákuum keletkezik és szívó hatást fejt ki a környezetre, a robbanási szél iránya megfordul. [109] [110]

Zárt térben a lökéshullám a magas szakítószilárdságú közegek határhoz csapódva, arról visszaverődik, a lökéshullám és a visszavert hullám egymás hatását megsokszorozzák. A következő táblázatban a nyílt és zárt térben történő robbanás esetén előforduló sérülési arányokat mutatja. [110]

16. táblázat Nyílt és zárt térben történő robbanás okozta sérülések és halálozás [110]

| Robbanás | Nyílt térben | Zárt térben |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|
| Halálozás | 8% | 49% |
| Sérülések | | |
| – Elsődleges robbanásos sérülés | 34% | 77% |
| – Égés, felületes sérülések | 18% | 31% |
| – Átlag ISS ⁵⁵ | 4 (enyhe) | 18 (közepes/súlyos) |

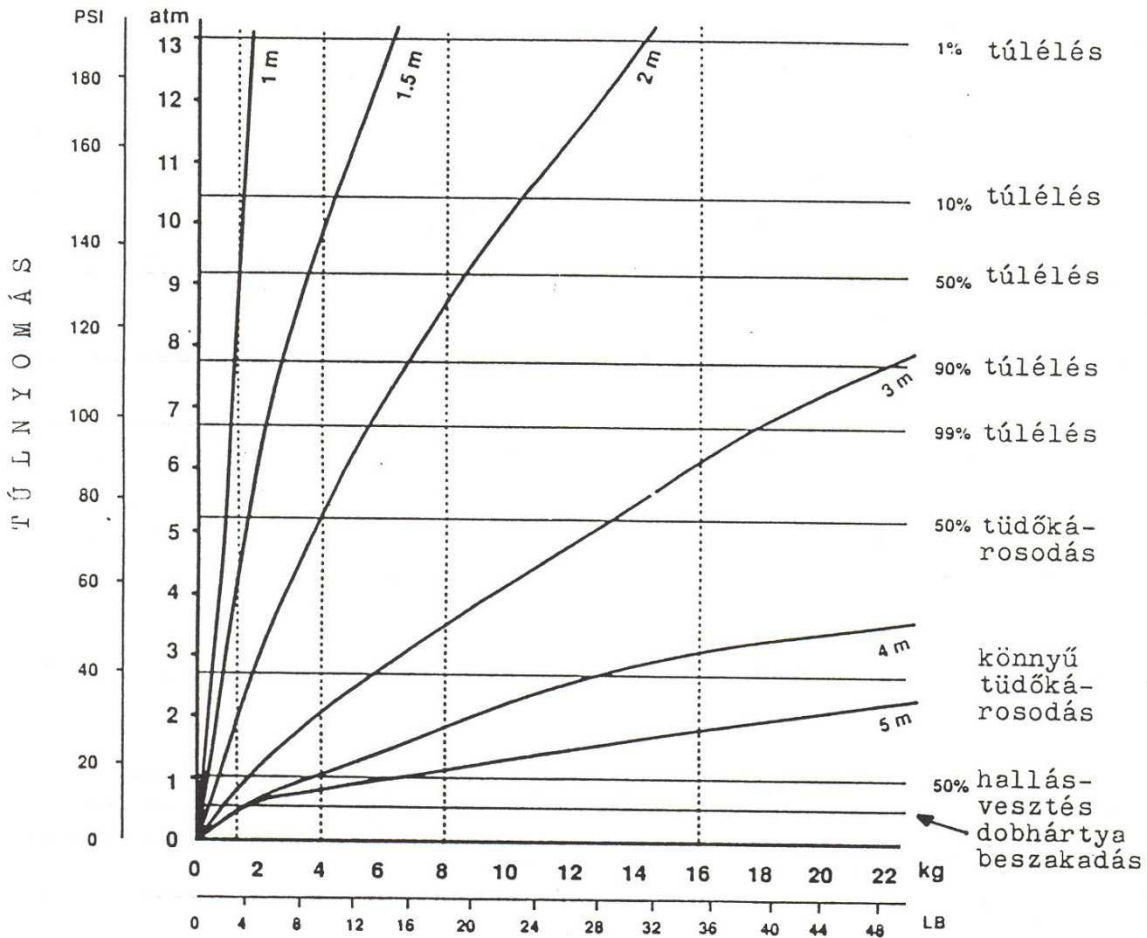
Speciális helyzet a járművekben történő robbanás esetén, ahol a jármű maga nagy mennyiségű fémforgács repesz forrása, szűk, zárt tér révén nagy a légnyomásváltozás, az üzemanyag égése, felrobbanása növeli az égési sérülések és kifejezetten a légúti égések előfordulásának arányát. A járművön belül felhalmozódnak a toxikus gázok, és itt nemcsak a robbanóanyagból származó szén-monoxid és nitrózus gázok, hanem a jármű alkatrészeinek, festésének elégésekor keletkező, súlyosan mérgező, rákkeltő anyagok is. [110]

ROBBANÁSI TÚLNYOMÁS

A károsító hatás döntően a robbanási túlnyomás pozitív fázis időszakában keletkezik. A robbanásos túlnyomás elsősorban a levegő tartalmú és a különböző fajsúlyú struktúrákat tartalmazó szerveket károsítja, leggyakrabban érintett szervek: fül, tüdő, belek. A nyomáshullám áthalad a testen, az egyes szervekben előforduló levegőt összenyomja, ezáltal károsítja a határoló közegeket, mint a bélfal, tüdő léghólyagok fala vagy a dobhártya, azokon bevérzés, sérülés keletkezik, gyakran át is szakadnak. [110] [108]

A következő ábra igen jó eszköz a robbantási szakemberek számára a túlnyomás szempontjából vett biztonsági távolság meghatározására. A diagram a könnyebb használhatóság érdekében erősen egyszerűsített, csak közelítő pontosságúnak tekinthető, mert lökéshullám pozitív fázisának időtartamát 1,5 ms hosszúnak feltételezi, a sérülési küszöbértékek tehát erre az időtartamra vonatkoznak. Az értékek szabadtéri, felszíni robbanásokra érvényesek: a függőleges tengelyen a túlnyomás található, a vízszintesen a robbanóanyag tömege, míg a ferde vonalak a töltettől mért távolságok paraméterei. Robbanóanyagként a TNT-t vették számításba, más összetevők esetén figyelembe kell venni az alkalmazott anyag TNT egyenértékét. A túlnyomásból származó sérülések közelítő küszöbértékeit vízszintes vonalakon adták meg. Az értékek szabadban álló, védőruhát nem viselő személyekre érvényesek, de nem használhatók zárt térben végrehajtott robbantásokra a reflektált hullámok miatt. [111]

⁵⁵ ISS= Injury Severity Score, részletesebben A sérültek állapotának felmérése alfejezetben.



55. ábra A robbanást követő túlnyomás okozta egészségkárosodás bekövetkezésének valószínűsége [111]

A túlnyomás okozta károsodás mértékét az alábbi tényezők befolyásolják:

- független a robbanás paramétereitől: életkor, nem, esetlegesen fennálló betegségek;
- robbanás tulajdonságaitól függ: a sérült az epicentrumhoz képest hogyan helyezkedik el, csúcsnyomás (csúcsintenzitás), a nyomásgörbe meredeksége, lökéshullám pozitív fázisának időtartama, hullámreflexió;
- környezeti tényezők: szél, domborzat, építmények, hőmérséklet. [111]

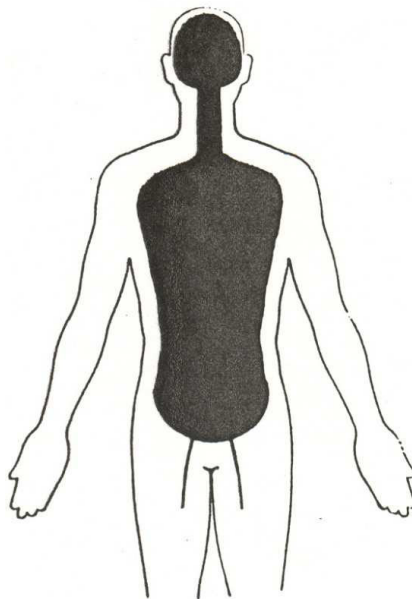
REPESZHATÁS

A repesz okozta sérüléseket magából a felrobbant robbanótestből származó (ún. elsődleges) vagy a robbanás által elrepített (ún. másodlagos) tárgyak okozzák. Lehetnek fém, fa- és üvegszilánkok, épületek darabjai, bútorok, kövek. Változó lehet a méretük és tömegük is millimétertől akár a több méteres darabokig, a pár grammtól a több tíz–száz kilogrammig.

[112] Sokszor a nagyobb hatás elérése érdekében mind a katonai robbanóeszközökbe (pl. 93M védő kézigránát, repeszaknák), mind a házilag gyártott eszközökbe repeszképző anyagokat (pl. acélgolyók) tesznek. Ezeket az anyagokat srapnelnek nevezzük Henry Shrapnel után, aki kifejlesztette ezt a speciális katonai, kifejezetten az élőerő elpusztítására alkalmas fegyvert. [113]

A repeszhatás mértéke (a repesz kivetési távolsága) főleg a repesz kezdeti sebességétől, a túlnyomástól, a légellenállástól, a töltet és a szabad felület közötti távolságtól, a töltet méretétől, a közeg szakítószilárdságától és a repesz elmozdulás irányára merőleges felületétől és tömegétől függ. [14]

A szilánkok által okozott sérülések súlyosságát számos tényező határozza meg, ilyen tényező a szilánk mozgási energiája, a repesz alakja, sűrűsége, a becsapódás utáni széttöredezés valószínűsége, a szilánk forgása, de természetesen befolyásolja a sérülés helye és a területet fedő ruházat is. [112] A következő ábrán fekete színnel jelölve látható a test repeszek iránt legsérülékenyebb része.



56. ábra Az emberi test repeszhatással szemben kritikus felületei [112]

A szabálytalan alakú repeszek a testbe csapódás előtt átadhatják energiájuk nagy részét a környezetnek, így főleg a ruházatot, a bőrt károsítják, míg a hegyes szilánkok a test mélyébe hatolnak, akár át is mennek rajta. [114]

A testbe csapódás energiáját a repesz tömege és sebessége (szilánksebesség) határozza meg. Az elsődleges repeszek sebessége a katonai gyakorlatban elérheti a 2500 m/s-ot, a nem katonai célú robbantások esetén, illetve házilag gyártott bombák felrobbantásakor a repeszek

kezdeti sebessége ennek kb. fele – kétharmada. A másodlagos repeszek sebessége általában alacsony, de ezek is súlyos sérüléseket okozhatnak. [112] [115]

17. táblázat Súlyos sérülés kialakulásának határértékei a repesz tömegének függvényében repeszbecsapódást követően [112]

| Kritikus szerv | Repsz tömege (kg) | Repsz sebessége (m/s) | Energia (J) |
|----------------|-------------------|-----------------------|-------------|
| Mellkas | >1,1 | 3 | 5,4 |
| | 0,05 | 24 | 13,5 |
| | 0,0005 | 120 | 3,4 |
| Has, végtagok | >2,7 | 3 | 12,2 |
| | 0,05 | 22 | 12,2 |
| | 0,0005 | 170 | 6,8 |
| Fej | >3,6 | 3 | 16,2 |
| | 0,05 | 30 | 21,6 |
| | 0,0005 | 140 | 4 |

AKCELERÁCIÓ

Hirtelen gyorsulás lép fel, ha a robbanás lökéshulláma elrepíti a testet vagy egy repülő tárgy, repesz üti-löki meg. A test vagy testrész gyorsulása a személy méretének, alakjának, tömegének a lökéshullám paramétereire viszonyított arányától függ. A hirtelen lassulás akkor lép fel, amikor egy áldozat a robbanást követően valamilyen merev felülethez csapódik.

A sérülések skálája a kisebb horzsolásoktól, zúzódásoktól a végtagok, belső szervek leszakadásáig terjedhet. Próbababuk segítségével meghatározták a fej és a mellkasi szervek gyorsulását és lassulását különböző távolság és töltettömeg esetén. A fej gyorsulása elérte a kezdeti 290 g-t, majd a 390 g-t a földre csapódáskor egy 3 méterre felrobbantott 4 kg tömegű TNT töltetnél, ez gyakorlatilag túlélhetetlen. Súlyosbító tényező, hogy a gyorsulás és a lassulás igen gyorsan, pár másodpercen belül követik egymást. [116]

18. táblázat A távolság és a töltettömeg összefüggése közelítőleg ugyanakkora terheléshez [116]

| Távolság (m) | Töltettömeg (kg TNT) |
|--------------|----------------------|
| 5 | 20 |
| 4 | 12 |
| 3 | 4 |
| 2 | 1,5 |
| 1,5 | 0,5 |

A gyorsulás – lassulás hatására legsérülékenyebb szerv a fej és a gerincoszlop nyaki – háti szakasza, ezeken a területeken speciális sérülések alakulnak ki, melyek a később részletezésre kerülnek.

HŐHATÁS

Égési sérülések keletkezhetnek a robbanás során a közvetlen lánghatás és a detonációs tűzgolyó, valamint a robbanást követő tűz következtében fellépő kontaktégés során. Gyakori a légúti égés is a forró levegő belélegzése miatt. [116] Az égési sérülés súlyosságát alapvetően a szövetekben elnyelt energia mennyisége határozza meg.



57. ábra Robbanás során kialakuló detonációs tűzgolyó [6]

SZEIZMIKUS HATÁS

A robbantást követően a robbanóanyag energiájának az a része, amely nem a kőzet (talaj) törését, repesztését, kivetését és a léglökést eredményezte, a robbantás környezetében rugalmas energia formájában jelenik meg. Ez a rugalmas energia felületi hullámok formájában terjed tovább a közegben, melyet a szeizmikus (rezgési) részecskesebességgel, a frekvenciával és a hullám terjedési sebességével írhatunk le, függ a kőzet vagy talaj sajátosságaitól. [109]

A robbanások frekvenciája a 0,3–30 Hz közötti intervallumban mozoghat, általában 0,3–8 Hz. [117] Magasabb frekvenciájú rezgések általában kemény kőzetekben keletkeznek, míg a lágyabb kőzetekben és a talajokban a kisebb frekvenciájúakat mérhetünk. A magasabb frekvenciájú rezgések a távolsággal jobban csillapodnak, hamarabb elhalnak. [109]

A szeizmikus hatás az emberi szervezetre általában tartós vagy maradandó károsodást nem okoz, enyhe stressz, szédülés, vegetatív labilitás előfordulhat. [118]

III.1.3. ROBBANÁSOS SÉRÜLÉSEK JELLEGZETESSÉGEI

III.1.3.1. ROBBANÁSOS SÉRÜLÉSEK OSZTÁLYOZÁSA

A robbanásos sérüléseket a nemzetközi szakirodalom a kialakulásukhoz szükséges mechanizmus alapján osztályozzák, melyet az alábbi táblázatban látható.

19. táblázat A robbanás okozta sérülések osztályozása [119] [110]

| Osztályozás | Mechanizmus | Érintett szervek | Sérülések |
|----------------------------------|---|---|---|
| Elsőrendű robbanásos sérülés | robbanási túlnyomás, barotrauma | <ul style="list-style-type: none"> – Levegővel telt üreges szervek (tüdő, gyomor–bélrendszer, középfül) – A levegővel telt szervek mellett elhelyezkedő szolid szervek (szív, lép, máj, vese) – Nagyerek | <ul style="list-style-type: none"> – Tüdő barotrauma – Dobhártya perforáció – Gyomor–bélrendszer perforáció, vérzés – Szemgolyó repedés – Agyzúzódás a fej sérülésének külső jele nélkül – Máj, lép ill. vesék leszakadása – Szívzúzódás – Nagyerek szakadása – Légembólia |
| Másodrendű robbanásos sérülés | repszhatás | <ul style="list-style-type: none"> – Bármely szerv érintett lehet | <ul style="list-style-type: none"> – Zúzódások, törések testszerte – Áthatoló sérülés a szemén, koponyán, mellkason, hason, medencén |
| Harmadrendű robbanásos sérülés | hirtelen gyorsulás – lassulás, a test ütközése | <ul style="list-style-type: none"> – Bármely szerv érintett lehet, elsősorban fej, nyak, végtagok | <ul style="list-style-type: none"> – Zárt fejsérülés – Nyaki csigolyatörés – Traumás végtagsérülés |
| Negyedrendű robbanásos sérülések | hőhatás, toxikus gázok | <ul style="list-style-type: none"> – Bőr, szem – Légutak, tüdő | <ul style="list-style-type: none"> – Égés – Légúti égés – Mérgezés |
| Kísérő tünetek | stressz | <ul style="list-style-type: none"> – Szisztémás válasz a traumára | <ul style="list-style-type: none"> – Angina – Hypertonia – Hyperglycemia – Asthma |

III.1.3.2. SÉRÜLÉSEK ELŐFORDULÁSA

A robbanásos sérülések kialakulásakor a következő patofiziológiai folyamatok lépnek fel:

- a bomba vagy robbanás okozta pszichés trauma, extrém stressz – reakció;

- akusztikus trauma;
- a lökeshullám sújtó hatása (általános rázó hatás, nyomó hatás, lökő hatás);
- barotrauma;
- mechanikai sérülések;
- égés. [108]

A patofiziológiai folyamatok bár minden sejtben, szövetben lejátszódnak, a különböző szervekben, szervrendszerekben különböző klinikai képet mutatnak. A következő táblázatok az egészségügyi ellátásra kerülő sérültek állapotának, sérüléseinek elemzését tartalmazzák.

20. táblázat Egészségügyi ellátás során a robbanás okozta sérüléscsoportok előfordulásának aránya [114]

| Sérülés | Előfordulás aránya |
|----------------------------------|--------------------|
| Lágyrész – repeszszérülés | 54,4% |
| Testüregbe hatoló repeszszérülés | 28,7% |
| Csonttörés | 19% |
| Égés | 14,3% |
| Amputáció | 4,7% |

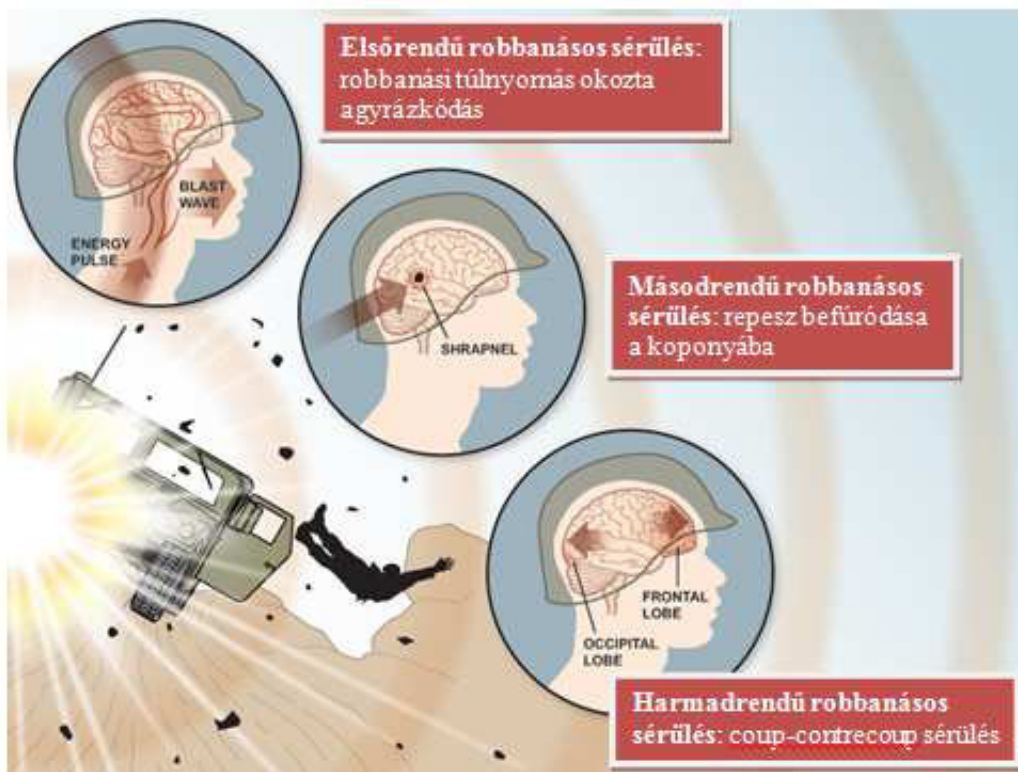
21. táblázat Sérült testtájak aránya a különböző háborúkban, az USA haderejében [114]

| Hadszintér | Fej – nyak | Mellkas | Has | Végtagok | Egyéb |
|-----------------|------------|---------|-----|----------|-------|
| I. világháború | 17 | 4 | 2 | 70 | 7 |
| II. világháború | 4 | 8 | 4 | 75 | 9 |
| Korea | 17 | 7 | 7 | 67 | 2 |
| Vietnam | 14 | 7 | 5 | 74 | – |
| Öböl – háború | 11 | 8 | 7 | 56 | 18 |
| Afganisztán | 16 | 12 | 11 | 61 | – |
| Átlag | 13,2 | 7,7 | 6 | 67,2 | 6 |

III.1.3.3. SZERVEKBEN, SZERVRENDSZEREKBEN LEJÁTSZÓDÓ FOLYAMATOK

AGY

A koponya, és ezen belül az agy érintett lehet gyakorlatilag az összes robbanásos mechanizmusban.



58. ábra A robbanásos agysérülések kialakulásának mechanizmusai [120]

A lökéshullám eredményeként az agyban finom ultrastrukturális károsodások alakulnak ki, az antioxidáns rendszer szignifikáns károsodása és oxidatív stressz lép fel. Az idegrostok sérülnek, degenerálódnak (diffúz axonális sérülés). Előfordulhat légembólia, bevérzések. Leggyakrabban sérült terület a hippocampus (ezt állatkísérletekben igazolták). [110] A koponyaúri nyomás is változik a külső extrém nyomásváltozásokat követve. Az agykérgi és kisagyi mozgást vezérlő központoknak csökken, a thalamokortikális pályáknak nő az aktivitása. Ezek az eredmények korrelálnak a kialakult neurokognitív zavarokkal. [121]

A hirtelen gyorsulás, majd lassulás következtében a folyadékban lebegő agyvelő nekicsapódik a koponyacsontoknak, először az epicentrumtól távolabb eső részen, majd az ellenkező oldalon (coup – contrecoup sérülés). A lágy agy ütközik a kemény csonttal, így az zúzódik, bevérzések, szövetkárosodás, vizenyő keletkezik.



59. ábra Coup – contrecoup sérülés mechanizmusa [122]

A sérülések olyan súlyosak lehetnek, hogy maradandó bénulások, beszédzavar, vakság alakulhat ki vagy bekövetkezhet a sérült halála. Természetesen a robbanás során a koponyacsont is törhet tovább súlyosbítva a kórképet. [108] Az agysérülés alapvetően befolyásolja a sérült túlélési esélyeit és a későbbi felépülés lehetőségét. A tünetek rendkívül változatosak az egyszerű fejfájástól a kómáig, alapvetően nem a sérülés mechanizmusától, hanem a károsodott terület pontos helyétől és kiterjedésétől függ. [110] [123]



60. ábra Súlyos traumás agysérülés CT képe [124]

Gyakori a gyengeség, krónikus fejfájás, szédülés, bémulások, kognitív funkciózavarok, memória és tanulási zavarok, álmatlanság. A poszttraumás stressz betegség valószínűleg az oxidatív stressz és más, robbanás okozta biokémiai zavarok következménye. [110]

Az iraki és afganisztáni hadszíntéren kezelt robbanásos sérültek 59%-ánál találtak különböző súlyosságú traumás agysérülést (TBI⁵⁶), ennek 56%-a közepesen súlyos vagy súlyos. Civil sérültek mindennapos balesetei (közlekedési, háztartási, munkahelyi) esetében ez az arány 20%, amely azért is fontos, mivel a katonák a hadszíntereken védőeszközöket, egyre jobb minőségű sisakokat viselnek. A különböző eredetű sérüléseket az alapján különíthetjük el, hogy látható-e a koponyán külsérelmi nyom. A kizárólag csak lökéshullám okozta károsodásnál gyakorlatilag nem látható a fejbőrön sérülés, a repeszhatás jelei egyértelműek, míg a coup – contrecoup sérülésnél általában a belső sérülést a koponya zúzódása, törése kíséri a becsapódás helyén. [120] [124] [125] [126] [127] [128]

22. táblázat A traumás agyi sérülések osztályozása [129]

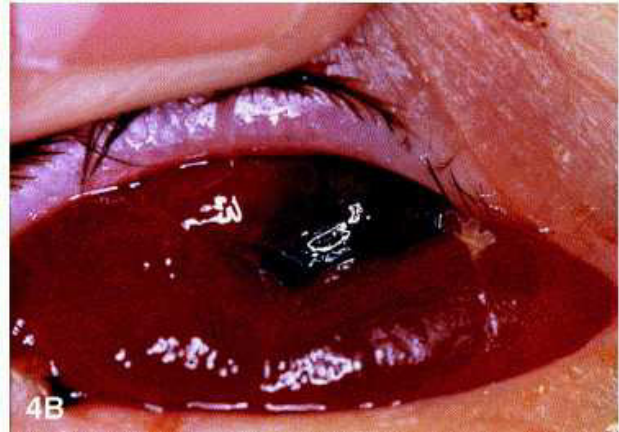
| Kritériumok | TBI típusa | | |
|---------------------------|------------|------------------|----------|
| | enyhe | közepes | súlyos |
| Strukturális eltérés | – | +/ – | +/ – |
| Eszméletvesztés ideje | 0–30 perc | 30 perc – 24 óra | > 24 óra |
| Tudatmódosulás időtartama | < 24 óra | > 24 óra | > 24 óra |
| Post traumás amnézia | < 1 nap | 1–7 nap | > 7 nap |
| GCS ⁵⁷ | 13–15 | 9–12 | < 9 |

SZEM

Primer sérülés a szem esetében eléggé ritka, jele a kötőhártya alatti bevérzés. A szemsérülések többsége másodlagos, repeszek okozzák, különösen veszélyesek az üvegszilánkok. Előfordulhat, hogy a szaruhártya felszakad, szemlencse, üvegtest, retina károsodik, leválhat, a látóideg leszakad. Ritkán létrejöhet légembólia a retina ereiben, megrepedhet a szemgolyó. [110] [108]

⁵⁶ TBI = Traumatic brain injury.

⁵⁷ GCS = Glasgow Coma Scale.



61. ábra Oklahoma city robbantásos merénylet szemsérültje [130]

TÜDŐ

A tüdő szintén nagyon sérülékeny a robbanási túlnyomásra. Változatos képet mutathat a robbanás hatása, kialakulhat tüdőkontúzió⁵⁸, légmell, betörhet a levegő a gátorüregbe, légembólia, mellüregi vérzés és bőr alatti levegőgyülem is létrejöhet.



62. ábra Robbanásos tüdősérülés – a tüdő bevérzése, boncolási lelet [131]



63. ábra Robbanásos tüdősérülés, a bordák benyomata látszik a tüdő felszínén [119]

A boncolási lelet tekintetében a minimális strukturális elváltozások és súlyos tüdőroncsolódás okozta halál között széles a paletta. Gyakori lelet a tüdő felszínén kialakuló masszív vérzés a bordák lefutásának megfelelően. A robbanás oldalán az elváltozások kifejezettebbek. A nyomáshullám eléri az emberi testet, egy része reflektálódik, a nagyobb része belép a szervezetbe. A tüdőben a kis léghólyagocskákban lévő levegő összepréselődik,

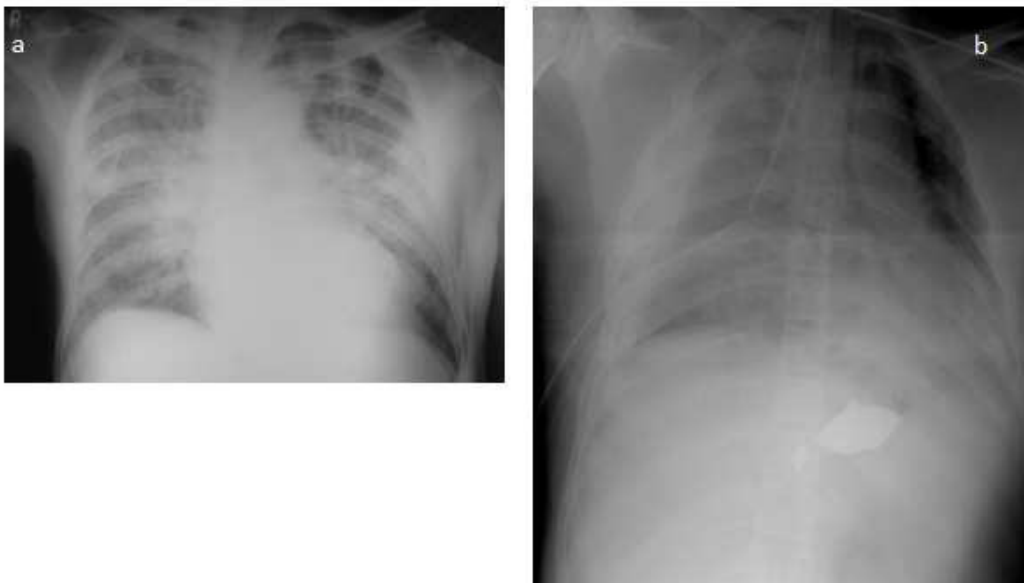
⁵⁸ tüdőkontúzió: tüdőszövet zúzódása.

megsérül a hólyagocskát és az ereket határoló hártya és az erek fala is. Vérzés és vizenyő keletkezik, amely olyan mértékű lehet, hogy lehetetlenné válik a légcsere. A nyomást követő szívóhatás hatására a gázbuborékok behatolhatnak a véredényekbe, légembóliát okozhatnak, amely az agyban, szívben végzetes következményekkel jár. [115]

A tüdőkárosodás mértéke alapvetően a csúcsnyomás értékétől függ. 30–40 psi⁵⁹ közötti csúcsnyomás esetén már lehetséges, hogy tüdősérülés alakul ki, ezért minden esetben ennek kiderítésére irányuló vizsgálatokat kell végezni. 80 psi-nél már 50% a valószínűsége a tüdősérülésnek, 100–200 psi már halálos mértékű lehet, ha a nyomás 200 psi fölé emelkedik, gyakorlatilag biztos a végzetes kimenetel.

A másodlagos robbanásos sérülések tekintetében is igen sérülékenyek a mellkasi szervek, a repeszek megsérthetik, áthatolhatnak a mellkas falán, belefűrődhetnek a tüdőbe, szívbe, szétszakíthatják a nagyereket, légutakat, ezáltal levegő és vér kerülhet mind a mellhártya, mind a szívburok rétegei közé és ez lehetetlenné teszi az adott szerv mozgását.

A következő képeken a robbanásos tüdő különböző formái láthatók. A bal képen (a), egy IED támadás sérültjének mellkas röntgen felvételén légmell és mellúri vérzés látható, melyet egy a mellkasba fűrődő repeszdarab okozott. A jobb képen (b) a robbanásos túlnyomás okozta diffúz tüdőkontúzió jellegzetes képe látható röntgenfelvételen. [110]



64. ábra Robbanásos tüdő röntgenfelvételeken [110]

⁵⁹ psi: nyomás mértékegysége, 1 psi= 689,476 Pa.

23. táblázat Tüdősérülések osztályozása [110]

| Feltételek | Robbanásos tüdősérülés súlyossági fokozata | | |
|--|--|---------------------------------|--------|
| | enyhe | közepes | súlyos |
| Bevérzés elhelyezkedése | egyoldali | aszimmetrikus és/vagy kétoldali | diffúz |
| Parciális oxigénnyomás (Hgmm) | > 200 | 60 – 200 | < 60 |
| Bronchopleurális fistula ⁶⁰ | nincs | van | van |
| Lélegeztetés szükséges | lehetséges | általában | mindig |

Az iraki és afganisztáni hadszíntéren viszonylag alacsony a tüdősérülések száma, mivel a robbantásos merényletek általában nyílt térben történnek. Tüdősérülések esetén magas a halálozási arány és a túlélők részére általában intenzív osztályos ellátás szükséges. A lökéshullám okozta sérülteknél sokszor nincs külsérelmi nyom és a tünetek sem mindig jelentkeznek azonnal, ezért minden sérültnél feltételezni kell a tüdősérülést, ennek megfelelően kell kivizsgálni és ellátni a beteget. [110]

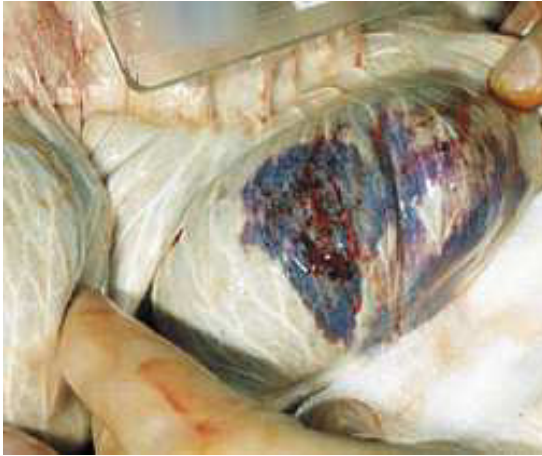
Szív

A szívzúródás kiváltásához erősebb behatás szükséges, mint a tüdő kontúziójához, vérzések formájában jelentkeznek, gyakori a koszorúerek elzáródása légembólia vagy fibrin kiválás miatt. Patológias neurokardiális reflex jelentkezik olyan ritmuszavarokat okozva, mint szívleállás, a szívritmus lassulása vagy kóros gyorsulása és kamraremegés. A robbanási túlnyomás súlyosabb eseteiben a szívizom beszakadása vagy lacerációja is előfordulhat. [108]

HASI SZERVEK

A hasi szervek közül a gázokkal telt gyomor – bélrendszer a legsérülékenyebb a robbanási túlnyomással szemben, bevértések, helyi bélfal gyengülés, perforáció, roncsolódás és ennek szövődményei gyakoriak a robbanást elszenvedett sérültek esetében. Leginkább a vastagbél érintett, speciálisan az ileocecalis tájék, ahol a gázok felgyülemlenek. Légembólia alakulhat ki a hashártya ereiben és az érintett erek által ellátott belek elhalhatnak. [110] [115]

⁶⁰ Brochopleurális fistula = a hörgők és a mellhártyarétegek között összeköttetés jön létre, ami légmellhez vezet



65. ábra Belek falának bevérzése, szétrepedése [132]

A hasi parenchymás szervek is sérülhetnek a robbanási túlnyomástól, ritkán előfordulhat a máj, lép, vesék leszakadása. Felületükön bevérzések, zúzódás, repedés alakul ki. A hasfalón áthatoló repeszek viszont gyakran végzetes vérzést okozó szervsérülést idéznek elő. Sajátos védekező mechanizmus az epiglottis reflektórikus elzáródása robbanás hatására. [115]

A tüdőszérülésekhez hasonlóan itt sincs mindig egyértelmű jele a robbanásos hasi sérüléseknek, ha instabil a sérült keringése, szükséges a hasüreg azonnali feltárása és a vérzésforrás megkeresése. Levegő vagy folyadék a szabad hasüregben biztos jele a sérülésnek, ennek megállapításához CT vizsgálatot kell végezni. [110] Víz alatti robbantásoknál a gyomor – bélrendszer sérülése gyakoribb. [133]

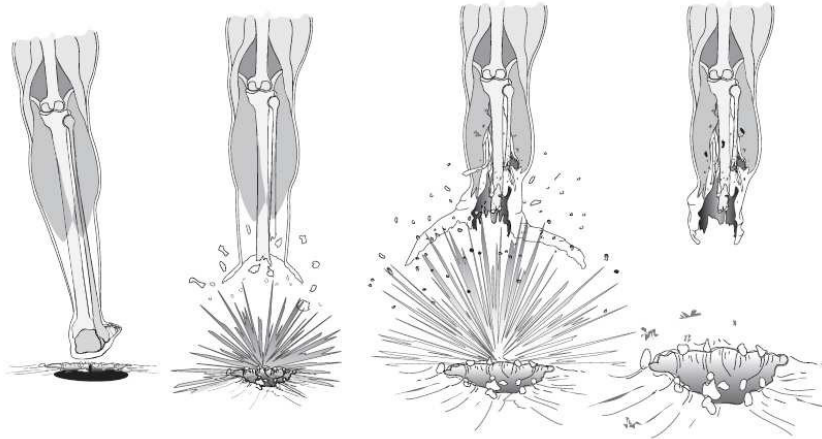
VÉGTAGOK

Robbanási túlnyomás következtében a végtagok súlyos sérülései akkor következnek be, ha a csúcsnyomás túllépi a 15 bar⁶¹, ez az érték gyakorlatilag túlélhetetlen az életfontosságú szervek sérülései miatt. A lökéshullám okozta végtagsérülések közül a leggyakoribb a sípcsont felső harmadában történő roncsolódás, amputáció. [110] [134] [115]

Az akceleráció miatt gyakoribb a roncsolódás, törések, amputáció előfordulása, repeszek is súlyos mechanikai sérüléseket okoznak. Az okozott kórképek az egyszerű zúzódástól a végtag teljes roncsolódásáig széles skálán mozognak.

⁶¹ bar: a nyomás mértékegysége, 1 bar = 100 000 Pa.

A láb sérülése, így a katona mozgásképtelenné tétele a gyalogság elleni aknák alkalmazásának célja. [115]



66. ábra Gyalogsági aknák robbanásának hatása az alsó végtagon [110]

A végtagsérülések gyakori szövődménye a szövetroncsolódás és bevérzés következtében kialakuló rekesz-szindróma. [108]



67. ábra A két sérült járműben ült egy IED támadás során, amely a haladó jármű mellett robbant fel. A sérülés elsődleges és másodlagos mechanizmusokkal jött létre [135]

GERINCOSZLOP

A robbanásos sérültek kb. 10%-ánál diagnosztizálható a gerincoszlop valamely szakaszán sérülés. Általában a hirtelen gyorsulás – lassulás következtében alakul ki, legtöbbször akkor, amikor a test nekicsapódik a földnek vagy más felületnek pl. falnak. Leggyakrabban érintett szakasz a háti, de bármely szakaszon előfordulhat károsodás, a klinikai tünetek az érintett csigolya vagy csigolyák elhelyezkedésétől függ. A sérülés súlyossága a kisebb gerincízületek ficamától a gerincsigolya összeroppanásáig és a gerincvelő átvágásáig terjedhet, az erőhatás nagysága, a sérült testhelyzete, a környezet és az esetlegesen alkalmazott védelmi eszközök függvényében. A tűzszerészek által alkalmazott védőruhákban már beépített gerincprotektor védi a gerincoszlopot, illetve a ruha hátára nem szerelnek semmilyen felszerelést. A korábbi védőeszközök és felszerelések alkalmazásakor előfordult, hogy a hátra szerelt rádió törte el a katona gerincét. [125] [136] [116]



68. ábra Az L1 csigolya darabos törése, a gerincvelőt is megsértette egy csontdarab. A sérült egy vasúti kocsinak csapódott egy robbantásos merénylet során [137]

Másodlagos mechanizmus is okozhat gerincsérülést, ez általában testhelyzetfüggő, mivel előlről, oldalról csak nagyenergiájú, éles repesz képes a gerincoszlopig eljutni.

REPESZSÉRÜLÉSEK SPECIÁLIS JELLEGZETESSÉGEI

A repeszek okozta sérülések mechanikai sérülések, igen változatos képet mutatnak az osztályozás során, a mechanizmus alapján a másodlagos vagy másodrendű károsodások csoportjába tartoznak. A szövetkárosító hatás a nagyságuktól, alakjuktól, sűrűségüktől, a becsapódás helyétől és az utána bekövetkező széttöredezéstől, forgásuktól, a sérült ruházatától, de legfőképpen a mozgási energiától (tömeg és szilánksebesség) függ. Az általuk okozott elváltozások általában igen kiterjedtek, sokszor érintik a testüreget, főleg védelem

nélküli személyeken. Gyakoriak a csonttörések (medence, csigolyák, végtagi csontok), az ér- és idegsérülések, a testüregbe hatoló fragmentumok miatt a légmell, illetve a belső vérzések és a szemsérülések. Nem ritka a maradandó rokkantság sem. [114]

Fej és nyak a testfelület kb. 12%-át adja, de a végzetes kimenetelű sérülések esetén ez a két testtájék szinte mindig érintett. Az agy viszonylag védett a koponyacsontok által, de a nagyenergiájú fragmentumok képesek áthatolni rajta. A szem különösen sérülékeny és sérülése rejtett is lehet, ha az apró fémszilánkok, üvegszilánkok kis vágást ejtve átjutnak az ínhártyán vagy a szaruhártyán, ezért mindig alaposan ellenőrizni kell. A szem súlyos károsodása lényegesen kisebb szilánksebesség esetén is bekövetkezhet (már 15 m/s-os becsapódásnál), mint a bőr esetében. A nyaki nagyerek védtelenek, átvágásuk a test gyors kivérzését eredményezi, ugyanígy sérülékeny a nyaki gerincoszlop, sérülése súlyos bénuláshoz, légzésbénuláshoz vezethet. [112] [114] [115]

A mellkasba hatoló repeszek sérthetik a tüdőt, szívet, és a főereket, ami katasztrofális következménnyel járhat, de a mellkasfal kisebb megsértése esetén is kialakulhat légmell vagy a mellhártya lemezei között vérzés indulhat meg, ezek az elváltozások gyors beavatkozás nélkül szintén halálosak lehetnek. [114] [115]

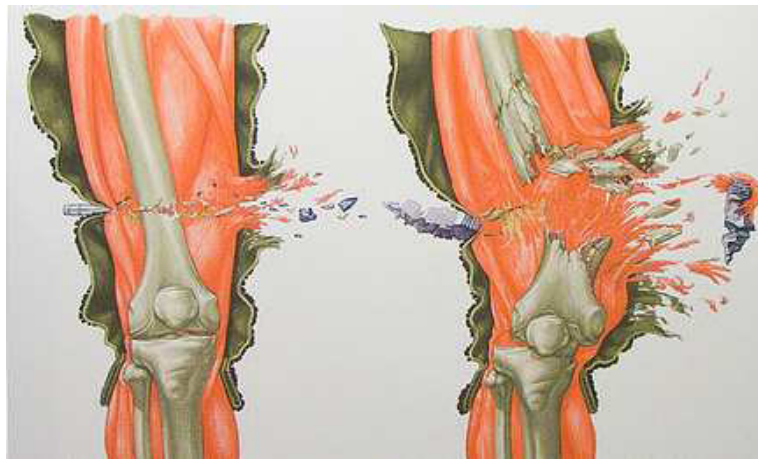
A hasüreg területén a máj, lép, vesék sérülése súlyos vérzéssel járhat, néha a szerv eltávolítása vagy csonkolása szükséges, de átszakadhat a belek fala és itt is érintettek lehetnek a több centiméter átmérőjű nagyerek. [114] [115]



69. ábra Terrorista robbantás során sérült alsó végtag [119]

Végtagok esetében a lágyék és hónalj sérülékeny, mivel itt haladnak át a végtagot ellátó erek, idegek. Gyakoriak a többszörös, darabos vagy romos csonttörések, előfordulhat, hogy darabok hiányoznak a törött csontból, emellett a lágyrészek (izmok, inak, erek, idegek) is

roncsolódnak, sokszor emiatt szükséges a sérült végtag amputálása. Kiterjedt lágyrész-sérülésnél szövődményként rekesz-szindróma alakulhat ki. [114] [115]



70. ábra Lőtt (bal oldal) és repesz (jobb oldal) okozta végtagsérülés összehasonlítása, a repesz okozta sérülésnél kiterjedt roncsolás alakul ki [138]

Másodlagos repeszként viselkedhetnek a helyszínen tartózkodó emberek, állatok maradványai, ürüléke is, pl. öngyilkos merénylőből származó csontdarabok, amelyek betegségeket hordozhatnak, ezáltal a sérültet is megfertőzhetik súlyos vagy halálos megbetegedések kórokozóival pl. HIV⁶² vírussal. Az IED-k biológiai fegyverekkel (pl. anthrax spórákkal) történő megtöltésének valószínűsége sem elhanyagolható. A robbanás okozta repesz-sérülések kiterjedt roncsolással járnak, erősen szennyezettek, amely jó táptalajt jelent a kórokozóknak, gyakoriak a sebfertőzések. [114]

Tartósan a betegben maradó repeszdarabok folyamatosan mérgezhetik a szervezetet, toxikus nehézfémek szabadulhatnak fel. Külön említeném a depletált uránt tartalmazó lőszeret, amelyből alfa-sugárzást kibocsátó urániumizotópot tartalmazó szilánkok maradhatnak a sérültben.

A repesz-sérülés gyakran kombinálódik égéssel, mivel főleg az elsődleges fragmentumok magas hőmérsékletűek. A robbanás környezetéből származó üveg- és faszilánkok megtalálása sokszor nehézséget okoz, mivel a röntgensugárzás nem mutatja ki, és a roncsolt szövetek között is nehezen észrevehetőek. A bennmaradó fragmentumok vándorolhatnak a szervezetben, hónapokkal, évekkel később újra sérülést, érelzáródást okozva. Minél közelebb van a test az epicentrumhoz annál valószínűbb, hogy súlyos, többszörös, áthatoló a sérülés. [114]

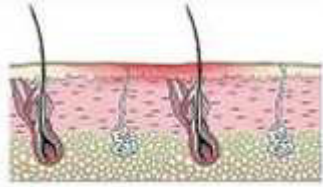








⁶² HIV: Human Immunodeficiency Virus (Emberi Immunhiányt- okozó Vírus).

ÉGÉSI SÉRÜLÉSEK

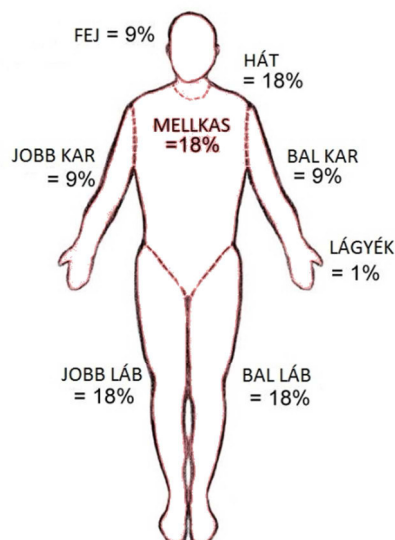
A robbanással járó magas hőmérséklet hatása nagymértékben függ egyrészt a behatás idejétől és a hőmérséklettől, másrészt az érintett felület nagyságától, a testrészeket fedő ruházattól, esetleg az alkalmazott védőeszközök védelmi képességétől. A sérülés súlyossága a szervezetben elnyelt energia függvénye. Míg a lángthatás és a detonációs tűzgolyó hatása igen rövid idejű, de nagy az energia átadás, általában felületes sérülést okoz nagy felületen, addig a kontakt égés hosszabb idő alatt mélyebb károsodásokat képes létrehozni.

A következő táblázat szemlélteti az égési sérülések mélységi kiterjedés szerinti osztályozását.

24. táblázat Égési sérülések osztályozása [139]

| Fokozat | Jellemzők | Sematikus ábra | Klinikai megjelenés |
|---------|--|--|---|
| I. | Az elsőfokú égés ben csak a bőr legfelső rétege, a felhám – az epidermisz – károsodik. Az égett terület vörös, a bőr feszes, sima és igen fájdalmas. |  |  |
| II.a | A felületes másodfokú égések a dermisz felső rétegéig hatolnak, felszínük nedves, hólyagos és kifejezetten fájdalmas. Vöröses – rózsaszín márványozottság jellemzi, amely nyomás hatására elfehéredik. |  |  |
| II.b | A mély másodfokú égés a dermisz mindkét rétegét érinti. A sebfelszín általában fehér és hólyagos, amely általában befertőződik. A fájdalom igen erős. | |  |
| III. | A harmadfokú égés a bőr alatti kötőszövetet is eléri. A felszín piszkosszürke vagy nagyon halvány, szenes, pergamenszerű, a képet a szövetelhalás uralja. A seb fájdalomtalan, mert a terület idegvégződése elhaltak. |  |  |
| IV. | A negyedfokú égés a szövetek elszénese, amely magában foglalja a bőr alatti kötőszövet, az izomszövet és a csontszövet égését. |  |  |

A mélységi kiterjedés mellett a sérült állapota és a további kezelés, a várható kimenetel szempontjából rendkívül fontos az égett terület testfelszínhez viszonyított aránya, valamint a sérülések elhelyezkedése is. A fej, az arc vagy a kézfej égése sokkal nehezebben kezelhető, mint más testrészé. A következő ábra az ún. 9-es szabályt mutatja be az égési sérülések területének becsléséhez (felnőtt sérült esetében).



71. ábra Az égési sérülések kiterjedésének becsléséhez használatos Wallace-féle 9-es szabály [140] [139]

Az égési sérülés esetén nem csak az érintett szerv, testtájék, hanem az egész szervezetben súlyos elváltozásokat okoz, kialakulhat az égésbetegség, amely a szervezet belső egyensúlyának teljes felborulásához vezet, sokkos állapot jön létre. Az égésbetegség súlyosságát a következő táblázat segít osztályozni.

25. táblázat Égésbetegség súlyosságának megállapítását segítő táblázat [139]

| Súlyosság | Mélység | Kiterjedés |
|---------------|---|------------|
| Mérsékelt | I.–II/1. (felületes bőrgyulladás) | 10% alatt |
| Közepes | I.–II/1. (felületes bőrgyulladás) | 10–20% |
| Életveszélyes | – II/1.–II/2.–III. (vegyes mélységű) – III.–IV. inhalációs égéssel – mechanikai sérüléssel társult elektromos vagy vegyi égés | 40% felett |

III.1.3.4. A SÉRÜLTEK ÁLLAPOTÁNAK FELMÉRÉSE

A robbanás következtében kialakuló tünetek igen változatosak. Cyanosis látható a bőrön, nyakon, gyakori a vérzés az orrból, szájból, fülből, dobhártyavérzés, szakadás jelenik

meg. Légzési nehézséget szapora légvétél követi, kísérheti vércöpés, csengő jellegű krepitáció mindkét tüdő felett, légmell esetén az érintett tüdőfél összeesik. Gyakori tahikardia és a vérnyomás csökkenése, shock kialakulása, az EKG-n ritkán típusos ischémias vagy infarktusz jelek detektálhatók. Az esetek egy részében nem találhatók egyéb látható külsérelmi jelek. [108]

A diagnózis felállítása a korai fázisban gyakran nehézségekbe ütközik a szegényes tünetek miatt. A tüdősérülések jelentőségét gyakran alábecsülik. Az elfogadott traumatológiai súlyossági indexek robbanásos sérülések esetén nem használhatók, ezért Cernak kidolgozott egy kifejezetten erre a sérülés típusra alkalmazott osztályozási rendszert. [108]

26. táblázat Robbanásos sérültek osztályozása [108]

| CERNAK – FÉLE SCORE (ISS) | |
|---|-----------------|
| nincs hallószerv károsodás | IS=/E+G+ST//SD/ |
| a hallószerv is károsodott | IS=/E+G//SD/ |
| IS= sérült állapotának súlyossága E= a sérülés/vagy szervek/ vagy szervrendszerek száma/ G= a sérülés kiterjedése/sérült szervek százaléka vagy a törések száma/ ST= sérülés típusa/a legsúlyosabban sérült szerv vagy szervrendszer súlyossága SD= a sérülés mélysége/a legsúlyosabban sérült szerv vagy szervrendszer mélységének súlyossági foka | |
| Enyhe sérülés: IS= 1–6 Közepes: IS= 7–12 Súlyos: IS= 23–34 | |

A kezelést és a prognózist alapvetően a kialakult sérülések, a sérült általános állapota, előzetes betegségei határozzák meg. A halál általában a tüdővérzés, a koszorúerek légembóliája vagy az idegrendszer sérülése miatt következik be. [108] [141]

A robbantásos merényletek alapvető jellegzetessége, hogy egyszerre sok sérültet kell a rendelkezésre álló egészségügyi erőknél ellátni. Az érintettek rendkívül sokszínű károsodásokat szenvedhetnek, amely gyakorlatilag bármely szervrendszert érinthet. A robbanás során különböző mechanizmusok indulnak el, ezek alapvetően az epicentrumtól való távolságtól és a robbanótest jellegzetességeitől (robbanóanyag tömege és típusa, repeszképző burkolat és töltet) függ.

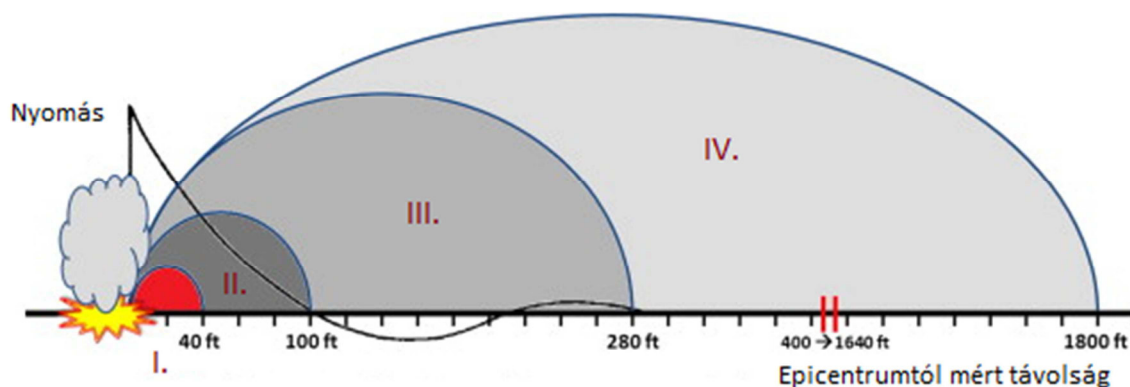
Számtalan esetben előfordul, hogy a külsérelmi nyomok minimálisak, de a belső szervekben súlyos, akár az élettel összeegyeztethetetlen sérülés jön létre. Ezzel az ellátóknak már az első pillanattól kezdve tisztában kell lenni.

Gépjárművek, épületek tekintetében számolni kell, hogy zárt tér révén a robbanási túlnyomás a többszörösére nőhet, sokkal több másodlagos repesz keletkezik és a mérgező gázok is felgyülemlenek.

27. táblázat Egy 155 mm-es aknagránát felrobbanásakor várható sérülések a távolság függvényében [110]

| Zóna | Távolság az epicentrumtól | Morbidity and mortality | |
|------|---------------------------|--|----------------------------|
| | | Primary explosion injury | Secondary explosion injury |
| I. | 0–15m | death | death |
| II. | 15–35m | possible lung injury, eardrum rupture | serious injury/death |
| III. | 35–100m | possible eardrum rupture, transitional hearing loss, dizziness | serious injury |
| IV. | 100–600m | none | injury |

A távolság függvényében megbecsülhetjük a várható sérüléseket és az azokat okozó folyamatokat, ezt mutatja az előző táblázat és a még látványosabban a következő ábra.



72. ábra Egy 155 mm-es aknagránát felrobbanásakor a várható sérülések a távolság függvényében, az ábrán szemléltetve van a Friedlander-hullám is [136]

III.1.4. AZ ÉLŐERŐ VÉDELME A ROBBANÁS FIZIKAI HATÁSAIVAL SZEMBEN

III.1.4.1. VÉDŐTÁVOLSÁG MEGHATÁROZÁSA

Az előző fejezetben a robbanás fizikai hatásairól és az okozott sérülésekről volt szó, az erőhatás és a sérülések kialakulása az előző táblázatban és ábrán jól látható, hogy a robbanás epicentrumától mért távolságtól függ. A legbiztosabb módja a robbanási sérülések megelőzésének a megfelelő biztonsági távolságok betartása. Erre nézve a hatályos polgári és katonai szabályzatok szigorú előírásokat tartalmaznak.

Az ÁRBSZ előírásai:

28. táblázat ÁRBSZ előírásai a robbantás során betartandó biztonsági távolságokra (4. melléklet II. pont alapján) [105]

| Biztonsági távolság [m] (minimális érték) | A töltet tömege, elhelyezése, a robbantás célja (példák) |
|--|---|
| 30 m | a robbanószerkezetet vagy töltetet 15 m-nél mélyebbre helyezik |
| | a robbantás robbantókamrába történik |
| 50 m | szeizmikus mérést szolgáló töltetet 5 és 15 m közötti mélységben helyezik el |
| | töltet nélküli robbanózsinór robbantásakor |
| | robbantással végzett töltetüreg bővítés |
| 100 m | kis átmérőjű töltetek építményrobbantásnál, kivéve fémszerkezetek nyírással való elvágása |
| 200 m | nagy átmérőjű töltetek építményrobbantásnál |
| | kőzetrobbantás rátett töltettel |
| | fatuskó kitermelése, darabolása |
| 500 m | fémszerkezetek nyírással történő elvágása |

További előírás, hogy az előzőekben fel nem sorolt esetekben (pl. rátett töltet, nagy átmérőjű töltettel végzett kőzetjövészto robbantás, fémtárgy, meleg anyag vagy jég robbantása, talajlazítás) a biztonsági távolságot – ha azt a robbantási engedély nem határozza meg – a használt robbanóanyag fajtájától, a töltet tömegétől, a robbantott, jövészett anyagtól, a helyi körülményektől és az alkalmazott védőeszközöktől függően a robbantás – vezető köteles meghatározni. Ha a biztonsági távolságon belül védendő létesítmény van, és a felrobbantásra kerülő legnagyobb töltet tömege nem csökkenthető, a robbantás hatása elleni védelemről megfelelő védőeszköz alkalmazásával (pl. homokzsák, töltés, védőpalánk) kell gondoskodni. Biztosítani kell, hogy a védőeszközök több töltet robbantása esetén is hatásosak maradjanak. [105]

A szabályzatban meghatározott szeizmikus, illetve légnyomásra vonatkozó biztonsági távolság a védendő létesítményekre vonatkozik, a munkavállalóra nem. [105]

A hatályos MÚ/213 Robbantási utasítás Robbantási munkák biztonsági rendszabályai fejezet (389. pont) szerint:

„Fedezéken kívül tartózkodó személyek számára előírt biztonsági távolságok az alábbiak:

– 10 kg-nál nem nehezebb, talajfelszínen elhelyezett burkolat nélküli töltetek esetén:

a) levegőben tartózkodva 50 m;

b) terepen tartózkodva 100 m;

– jégrobbantó víz alatti töltetek robbantásánál 100 m;

– farobbantásnál 150 m;

– talajt kidobó töltetek robbantásánál az alábbi képlet adja meg (talajrészek legnagyobb szétszóródási távolsága):

$$L = 140n\sqrt{h}$$

ahol:

L a szétszóródás távolsága

n a töltet hatásmutatója (töltet típusától függ)

h a legkisebb ellenállási vonal m-ben (töltet középpontjától a talaj szabad felületéig terjedő távolság)

Ha a talajban kövek is vannak a szóródási távolság másfélszeres is lehet, erős szélben szélirányban 25–50%-ban megnövekedhet;

– téglá, kő, beton, vasbeton robbantásánál 350 m;

– szabadon lévő fémszerkezetek robbantásánál 500 m.” [53]

III.1.4.2. AZ ÉLŐERŐ VÉDELMERE ALKALMAZOTT KOLLEKTÍV VÉDŐESZKÖZÖK

A munkavédelemben, amennyiben lehetőség van rá, a kollektív védőeszközöket előnyben részesítjük az egyéni védőeszközökkel szemben, a robbanás hatásainak kitett katonák esetében viszont ezek kombinált alkalmazása szükséges.

Az élőerő védelmét mozgás közben páncélozott járművekkel biztosítják, jelenleg a legmodernebb rendszeresített járművünk az MRAP (aknatámadás elleni védelemmel rendelkező) Cougar. Képesek megvédeni a benne ülő személyeket a kiskaliberű lövedékek, kisméretű robbanólövedékek, az irányított rakétameghajtású gránátok és az improvizált robbanóeszközök ellen. Műveleti területen több mint 300 alkalommal érte támadás a COUGAR-okat, halálos sérülés nélkül. [142]

A magyar Rába Jármű által kifejlesztett sebesültszállító speciális terepjáró képességű, amely a NATO logisztikai járművekre vonatkozó normáin túl ballisztikai, repesz és akna elleni védeltséget is nyújt a sérült katonáknak és az őket ellátó egészségügyi szakembereknek. A páncélzatnak 20 milliméteres tüzérségi repeszeztől és 6 kilogramm TNT-nek megfelelő robbanástól (futóművek alatt) is meg kell védenie a járműben ülőket. [143]



73. ábra Cougar tüzserész jármű [142]



74. ábra Rába páncélozott sebesültszállító gépjármű [143]

Tábori erődítmények kialakításakor jól alkalmazható a HESCO bástya vagy „Hesco Bastion Concertainer” modul rendszer, amely egy szét- és összecsucskható konténer, melyet horganyzott huzalból készítenek geotextília béléssel. Az elemekből tetszőleges falat, fedezéket, óvóhelyet és más szükség szerinti építményt lehet létesíteni, amely mind az embereket, mind a technikai eszközöket képes megvédeni a szétrepülő repszektől. [144] [145] Szintén dróthuzalokból és geotextíliából álló repszfogó hálót alkalmaznak építményrobbantásoknál.

A kollektív védelem tekintetében számos építészeti megoldás, eszköz létezik, melyekről Dr. Balogh Zsuzsanna PhD értekezése [146] és Daruka Norbert publikációi bővebb felvilágosítást nyújtanak.

III.1.4.3. KATONAI VÉDŐESZKÖZÖK A ROBBANTÁSTECHNIKÁBAN

A kifejezetten a robbanás hatásainak megelőzésére kifejlesztett egyéni védőeszközök a hon- és rendvédelemben használatosak, főleg az IED elleni tevékenységek során. Mivel nem rendelkeznek az európai uniós normákban meghatározott minősítéssel és dokumentációval, ezért új kategóriába kellett őket sorolni, ezek a katonai védőeszközök.

Robbanásos sérülések elleni védelem elég korlátozott lehetőségek közé szorult a funkcionalitás és a védelem minél magasabb szintre való fejlesztése között. A katona/rendőr védőeszközei a sisak, amely kombinálva lehet arcvédővel vagy védőszemüveggel, a testpáncél vagy a repszálló, illetve a repsz- és lövedékálló mellény kiegészítő nyakvédővel, felkarvédővel, lágyékvédővel illetve combvédővel. Tüzserészek számára került kifejlesztésre a könnyű, illetve a nehéz tüzserész védőruha sisakkal.

A tárgyalt védőeszközökkel szemben támasztott követelmények, hogy biztosítsák a katona számára:

- a létfontosságú szervek lövedék és repeszhatások elleni védelmét;
- a felderítés elleni védelmet, álcázást;
- kényelmes és praktikus viseletet;
- mozgékonyságot;
- a természeti környezet behatásai elleni védelmet;
- szennyeződések elleni védelmet;
- felszerelések ruházaton történő elhelyezésének lehetőségét.

Főleg rendvédelmi szerveknél alkalmaznak kerámia és kompozit anyagú lövedékálló pajzsokat, melyek repeszdarabok ellen is védelmet nyújthatnak. [147]

Védőeszközök tervezésénél figyelembe veszik az alapanyagok speciális tulajdonságait. A ballisztikai potenciál, az egyes anyagok ellenálló képessége, amelyet nagy energiájú testek behatolásával szemben fejtenek ki. Függ az anyag törési energiájától, az anyag sűrűségétől és rugalmassági modulusától. A jó ballisztikai potenciálú anyag nagy törési energiájú, nagy rugalmassági modulusú és kis sűrűségű. A lövedékek illetve a repeszek ellen védelmet biztosító úgynevezett harmadik generációs szálanyagok, mint a poliamid 6.6 (Nylon); aramid (Kevlar, Twaron, Nomex) és nagyszilárdságú polietilén (Dyneema, Spectra) megjelenése a személyi és csoportos védelem számára újszerű és széleskörű felhasználási lehetőségek megvalósítását tette lehetővé. [148]

Testvédelemre elsősorban szövetből készült szerkezeteket alkalmaznak, legtöbbször meghatározott arányban keverik a száltípusokat, vagy egymásra rétegezik őket annak érdekében, hogy mindegyik előnyös tulajdonsága érvényesüljön. A szövés után epoxigyantával ragasztják össze az egyes rétegeket.

Szövetek nedvességtartalma csökkenti a ballisztikai hatások elleni védőképességet, az UV-sugárzás hatására töredeznek a polimer szálak, ezért a védőképesség csak meghatározott ideig szavatolt.

Egyes termékeknél a védelmi képesség növelésére a ruházat külső felszínére kerámia vagy fémréteget visznek fel. A ruházaton kialakított zsebekbe kiegészítő védőbetéteket lehet tenni, amelynek fő összetevője a ballisztikai kerámia (alumínium-oxid, szilícium-karbid, bórkarbid), amelyet polimerekkel és üvegszálakkal rétegeznek és epoxi- vagy fenolgyantákkal ragasztanak össze. [149]

III.1.4.4. AZ EOD–9 BOMBARUHA

A Magyar Honvédségben a robbanás elleni védelemre rendszeresített leghatékonyabb katonai védőeszköz, amelyet az improvizált robbanóeszközök elleni tevékenység végrehajtására fejlesztettek ki, az EOD–9 nehéz tűzszerész védőruha. A kanadai MedEng cég a bombaruhák fejlesztése során átfogó vizsgálatokat végzett a robbanás emberi szervezetre gyakorolt hatásairól próbababák segítségével, melyekbe különböző mérőműszereket helyeztek el a fejnek és mellkasnak megfelelően. A kísérleti adatok az általuk publikált anyagokból származnak, melyek a cég engedélyével lefordításra kerültek, a termékspecifikációban megtalálhatók és a Műszaki Katonai Közlönyben megjelentek, a források részletesebben az irodalomjegyzékben megtalálhatók. A robbanás fizikai hatásait ezek segítségével tanulmányoztam.



75. ábra EOD–9 nehéz bombaruha (bal oldal: [7], jobb oldal: [150])

Részei a rövid felsőkabát magasított gallérral és ágyékvédő lappal, a lap visszahúzóható, hogy a ruha guggoló helyzetben kényelmesebb legyen, a hátoldalán van felvezelve a sisakba a csatlakozókábel, amelyen a kommunikáció történik. Több zseb található rajta a szerszámok, rádió és a folyadékellátó rendszer részére. A hosszú nadrágszárak teljes fedést nyújtanak a repeszek ellen, az ízületeknek megfelelően vannak tagolva, megkönnyítve a mozgást. Egy antropometrikusan tervezett, nagy becsapódási energiát is felemészítő hátvédő csatlakozik a

nadrágszárakhoz, védi a gerincet egészen a koponyaalapig, segít tartani a sisakot. Egybeszabott (integrált) ágyékvédő körkörös ballisztikus és lángvédelemet biztosít, átfedéssel nyúlik le a comb felső részére, mely különösen veszélyeztetett a repeszekkel szemben. Az egész ruha gyorsan bomló kapcsokkal van tervezve. [151] [152]

A külső védőburkolat anyaga égésálló, vízmentes és jól tisztítható, mosható. A térd- és könyökrészek tartós gumyszerű anyaggal vannak megerősítve. A lágy ballisztikai betétek aramidszálas anyagból vannak, erre illeszkednek rá a kemény kevlar és kerámia összetételű betétek, melyek eltávolíthatók a karbantartás idejére. [151] [152]

29. táblázat Az EOD-9 nehéz tűzszerész védőruha alapanyaga [151] [152]

| Szerkezeti rész | Anyag |
|----------------------------|---|
| Külső védőburkolat | Kevlar/Nomex Blend Fabric/Nomex Thread |
| Ballisztikai betét tasakja | 1000 denierszámú Nylon |
| Lágy ballisztikai betét | Rétegezett aramidszál, víztaszító nylon |
| Kemény ballisztikai betét | Polikarbonát, acél, habanyag, UHMWPE (igen nagy molekulásúlyú polietilén) |
| Sisak | Kimagasló minőségű Kompozit Műanyag |
| Arcvédő | Polikarbonát/Polimetil-metakrilát |
| Arcvédő rostély | Acél |

A sisak illeszkedik a ruhára, különböző méretű szivacs betétekkel pontosan méretre állítható, a fej formájára igazítható. Fő tartozékai a légkeverő rendszer, kommunikációs rendszer, környezetfigyelő rendszer, a belső energiaellátó, a beépített lámpa és az ellenző törlővel. Védi a fejet és a fület a túlnyomás, a gyorsulás és a repeszek ellen. [151] [152]

A szilánkokkal szemben a korábban szemléltetett kritikus testfelületeket kell a legjobban védeni, a védőruházat szilánkfogó képességének vizsgálatára laboratóriumi szilánkszimulátorokat használnak. A nehéz bombaruha nagyfokú védelmet nyújt az elsődleges és másodlagos repeszek ellen. Az arc védelmére kifejlesztettek egy a sisakra szerelhető sisakrostélyra hasonlító lemezt. [151] [153]



76. ábra EOD-9 sisak és sisakrostély [154]

A védelem optimalizálása azt jelenti, hogy elfogadható súly és tömeg érdekében a védelem megvalósítása céljából az EOD-9 ruha rétegzett, fő alapanyaga az aramidszál. A védettség prioritási (fontossági) zónákra van felosztva. A legmagasabb prioritású védettségű zónaként a testnek azon területei vannak meghatározva, ahol a sérülések súlyos vagy halálos következménnyel járhat (agy, gerincvelő, mellkasi és altesti részen lévő lágy belső szervek). A másodlagos prioritású zónát a test azon területei jelentik, amelyek közül egynek a sérülése is életveszéllyel járhat (fej, törzs, altest, medenceöv, combok térdig) és a harmadlagos prioritású zóna a test azon területei, ahol a sérülés nem azonnali, illetve közvetlen életveszéllyel nem jár (alsólábszár, karok). A védelem a fajlagos testtájak sérüléseinek költségoldaláról (beleértve a gyógyítás, rehabilitálás költségeit, valamint a rokkantsági nyugdíjat) is optimalizált, ezért a térdek és alsó lábszár csontrendszerének védelme jelentősen megnőtt. A ruha elülső része által nyújtott védelem lényegesen nagyobb, mint a hátulsóé, mivel a jelenlegi doktrínák szerint a tűzszerész mindig nézzen szembe a robbanóeszközzel, amely felrobbanhat. Ennek ellenére az EOD-9 körkörös védelmet biztosít. [151] [152]

A gyalogság elleni aknák okozta súlyos roncsolt lábsérülések megelőzésére fejlesztették ki az akna-álló úgynevezett „pókláb” bakancsot. Biztonságos távolságot tart a robbanástól, a robbanás energiáját szétesztatja, eltéríti a nyomáshullámot, elnyeli a megmaradt robbanási energiát. Egy bábú segítségével hasonlóképpen tesztelték, mint a bombaruhákat. 200 gramm C4-et robbantottak fel különböző bakancsok és a pókláb alatt, az eredmények szerint a pókláb bakancs viselésekor is megsérül a katona lábfeje, de kezelés sokkal egyszerűbb és a prognózis lényegesen jobb, mint a többi esetben. [155]



77. ábra Pókláb bakancs [156]

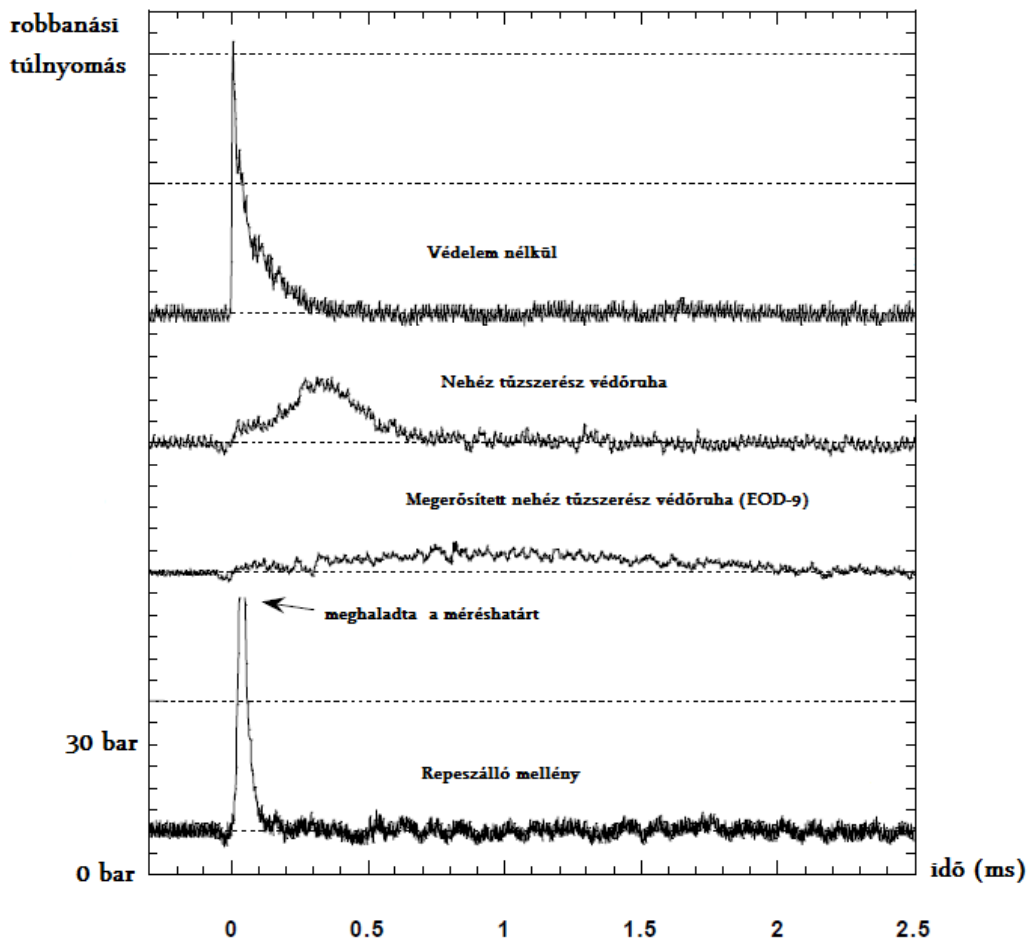
III.1.4.5. VÉDELMI KÉPESSÉGEK VIZSGÁLATA

ROBBANÁSI TÚLNYOMÁS ELLENI VÉDELEM

A védőfelszerelések, sisakok és bombaruhák használata a mellkas, has és ágyék területén a túlnyomás okozta károsodást mintegy 40–50%-kal csökkenti, a fejen 90% feletti terhelés-csökkentés érhető el. A vékony mellények és testpáncélok hatástalannak bizonyultak, sőt akár helyi nyomásfokozódást is okozhatnak. [111]

A robbanás nyomáshulláma interakcióba lép a bombaruha keményebb és lágyabb részeivel, az energia nagy része visszaverődik róla. A rendszerbe állított bombaruhákat is gyártó cég kísérleteket végzett a védőeszközök védelmi képességének modellezésére. A gépjárműiparban is használatos emberi testet szimuláló próbababákba mérőeszközöket tettek, melyekkel különböző testtájakon (fej, mellkas) mérhető a nyomás és a gyorsulás. Ezekre a babákra különböző típusú védőruhákat adtak, beállították a tűzszerészek szokásos munka közbeni szituációját és különböző tölteteket robbantottak fel. [153]

A következő ábrán egyértelműen látható, hogy a nehéz bombaruha nagyfokú védelmet nyújt a robbanási túlnyomás ellen. Kiemelném, hogy a lövedék- és repeszálló mellény nem véd meg a túlnyomástól, hanem ez a nyomás fokozódik, viszont a repeszek ellen védelmet nyújt, tehát használata, ha nincs más, mégis ajánlatos. Természetesen a töltet nagysága és a robbanástól való távolság is nagyon fontos. Védelem nélkül már 200 g robbanóanyag felrobbantásakor meghaladja a 30 bar-t a robbanási túlnyomás, amely nagy valószínűséggel halálos a 2 méteren belül tartózkodókra. A jól illeszkedő sisak alkalmas a fül dőrejártalom elleni védelmére is. [153]



78. ábra Próbababák mellkasán mért túlnyomás 250 gramm C4 felrobbantása után 0,65 m távolságból [153] [157]

Az alábbi táblázatban a bombaruha nélkül és a bombaruhában mért nyomásértékek láthatók.

30. táblázat Robbanási túlnyomás csúcsértékei [158]

| C4 töltet súlya (kg) | C4 töltet távolsága (m) | Mért mellkasi túlnyomás csúcsérték (bar) | | EOD-9 ruha átlagosan disszipál (%) |
|----------------------|-------------------------|---|--|------------------------------------|
| | | Nem védett próbababa esetén az átlagérték | EOD-9 ruha esetén a minimális és maximális értékek | |
| 0,567 | 0,6 | 70,8 | 1,64 – 1,84 | 97% |
| 3,6 | 1,5 | Nem vizsgálták | 2,8 – 3,7 | – |
| 5,1 | 2,4 | 22,86 | 1,77 – 3,2 | 89% |
| 10 | 3 | 31,16 | 2,8 – 4,31 | 87% |

Az EOD–9 ruha (átlagosan) 97% mellkasi túlnyomás csúcsérték csökkenést tesz lehetővé, amikor kis távolságban szembeállva apró töltetek robbannak. Egy ilyen töltet rendkívül nagy mellkasi túlnyomás csúcsértéket eredményez, ha a tűzserész nem visel védőruhát (70,8 bar). A vizsgálatok során az EOD–9 ruha legalább 87% átlagos mellkasi túlnyomás csúcsérték csökkenést tesz lehetővé néhány kilogrammos nagyságrendű töltetek robbanásakor a tűzserész gyakorlatban ajánlott távolságokból. [151] [158]

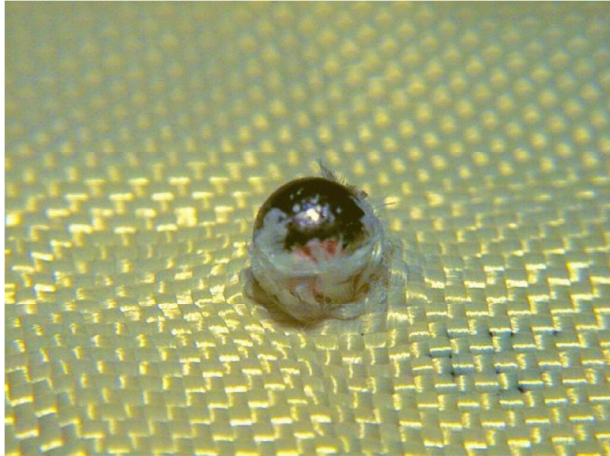
REPESZVÉDELEM

A STANAG 2920 által előírt V–50⁶³ tesztet széleskörűen használják ballisztikus (golyóálló) anyagok tervezésénél, párhuzamosan a termékfejlesztés és a minőség-ellenőrzés eszközeként. Bizonyos körülmények között alkalmazható repeszálló anyagok vagy golyóálló öltözékek viszonylagos teljesítményének összehasonlítására feltéve, hogy az anyagok alapvető konstrukciója azonos, például aramidot tartalmazó puha golyóálló öltözék keménnyel nem hasonlítható össze. Fontos megjegyezni, hogy a V–50 adatainak névleges értéke csak egy irányszám, mert elhanyagolható mértékű annak a valószínűsége, hogy egy robbanóeszköz repeszének pontosan ugyanolyan tulajdonságai vannak, mint a teszt során használt szimulált repesznek. [152] [151]

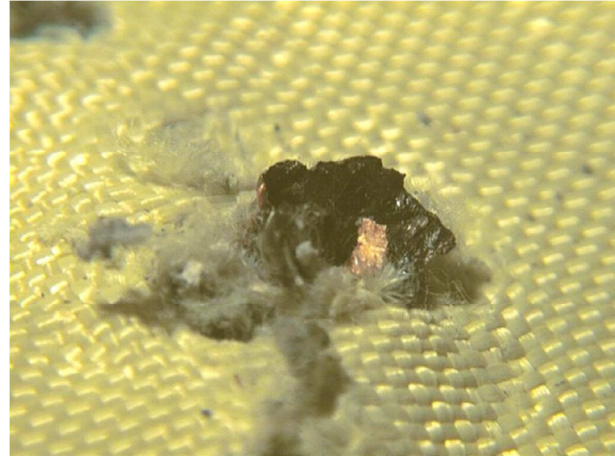
31. táblázat A MIL–STD–662F Teszt során 1,1016 grammos Chisel Nose FSP vésőhegyű repesz-szimulátorral megállapított eredmények [158] [152]

| Szerkezeti rész | V–50 névleges értékek (méter/másodperc) |
|--|--|
| Rövid felsőkabát előlről, mellvédő lappal | 1800 |
| Rövid felsőkabát előlről, járulékos védelem nélkül | 600 |
| Kabátujjak | 560 |
| Gallér előrész közepén | 850 |
| Integrált ágyékvédő előrész | 600 |
| Nadrágszár comb előrész | 690 |
| Nadrágszár térdek | 850 |
| Lábszárvédők (csizmatakarók) | 450 |
| Sisak | 600 |
| Sisak arcvédő része | 780 |
| Sisak arcvédő speciális sisakrostéllyal | 1130 |

⁶³ A V–50 tesztelés egy, az anyagok – beleértve a golyóálló öltözékeket is – specifikus laboratóriumi repesz-szimulátorokkal szemben tanúsított átütési szilárdságának kiértékeléséhez használt statisztikai eszköz.



79. ábra Aramid szövet V-50 tesztelése [159]



80. ábra Aramid szövet tesztelése valódi repeszdarabokkal [159]

Ennek problémának a kiküszöbölésére a Magyar Honvédségnél alkalmazott védőeszközök rendszeresítési eljárásakor létező szituációt imitálnak védő kézigránát felrobbantásával, így a tényleges fenyegetettséget vizsgálják. Az értékelés során csak akkor megfelelő az eszköz, ha egyetlen lövedék illetve repeszdarab sem hatol át, illetve nem okoz olyan mértékű benyomatot, hogy az súlyosan veszélyeztesse az alkalmazó testi épségét. [148] [159]

A védőeszközökre kifejtett hatás vizsgálatok számításba kell venni a következő tényezőket:

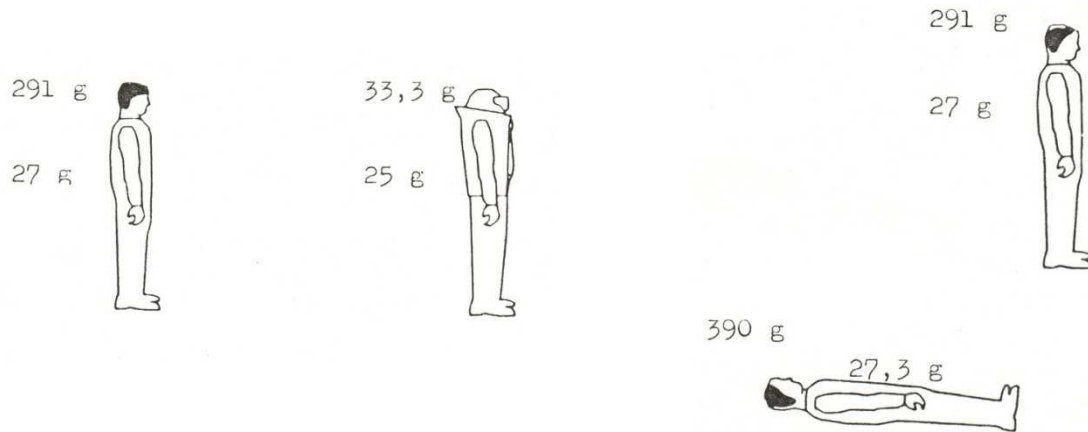
- a robbanás nagyon rövid időtartam alatt lejátszódó folyamat;
- a repeszek tömege, alakja rendkívül változatos;
- a repeszek e rövid idő alatt nagy számban érik a vizsgálandó felületet;
- a folyamat nagy sebességű (a repeszek sebessége > 600 m/s);
- a robbantás hatására képződött lökeshullám és a robbantás hatására képződött hő befolyásolja a vizsgálandó felületet, megváltoztathatja annak tulajdonságait.

Ehhez képest az egyes lövésekkel leadott vizsgált minták eredménye semmiképpen nem adhat teljes információt az anyag viselkedéséről robbantás hatására. Új, komplex vizsgálómódszerek fejlesztése folyamatban van. [148]

HIRTELEN GYORSULÁS – LASSULÁS ELLENI VÉDELEM

Mint korábban említettem, végeztek kísérleteket a hirtelen gyorsulás és lassulás kapcsán is. Különböző nagyságú tölteteket robbantottak fel különböző távolságra és mérték a fejre és a mellkasra ható gyorsulást ill. lassulást védőruhában és védőruha nélkül próbabábúk segítségével. A mellkasra ható gyorsulási és lassulási értékekben nem volt lényeges

különbség, de a fej esetében a sisak 90%-os csökkenést idézett elő. A következő ábrákon látható, hogy miután egy 4 kg-os TNT töltetet robbantottak a próbababáktól 3 m-re, védősisak nélkül a fejre ható kezdeti gyorsulás 290 G, míg a lassulás a földre érkezéskor 390 G, védősisakban ez az érték lecsökkent 33 G-re. [116]



81. ábra Gyorsulás hatása [116]

82. ábra Lassulás hatása [116]

A mért gyorsulás sérülési küszöbérték⁶⁴ az EOD-9-t viselő próbababák használatával végrehajtott robbantás tesztek során kapott eredmények szerint soha nem lépte túl az alábbi szituációkban:

- 0,567 kg súlyú C4 töltet 0,7 m magasan a talajfelszín felett, 0,6 m távolságban térdelő testhelyzetben;
- 5,1 kg súlyú C4 töltet 1,0 m magasan a talajfelszín felett, 2,4 m távolságban álló testhelyzetben;
- 3,6 kg súlyú C4 töltet 1,0 m magasan a talajfelszín felett, 1,5 m távolságban álló testhelyzetben. [158]

Az EOD-9 ruha átlagosan 65% (61–68%) mellkasi gyorsulás csúcsérték csökkenést biztosít 1 m magasan a talajszint felett, 3 m távolságból 10 kg C4-gyel szembeállított robbantásnál mért értékeket összehasonlítva a nem védett próbababánál mért értékekhez képest. Egyes esetekben a gyorsulás nagysága túllépte 60 G-t, de az időtartama viszont így is rövidebb volt, az EOD-9 viselésekor 3,19 ms, összehasonlítva a nem védett próbababánál mért 4,14 ms értékkel. [158]

⁶⁴ Sérülési küszöbérték: 60 G-nél nagyobb teljes mellkasi gyorsulás 3 ms-nál hosszabb ideig.

A becsapódás elleni védelem céljából a gerincoszlop védelmére egy védőlemez van a felsőruha háti részébe építve, a mért adatok alapján a becsapódáskor mért gyorsulást 95 G-re korlátozza. [158]

HŐHATÁS ELLENI VÉDELEM

A bombaruhák és sisakok a mérések szerint rendkívül jó védelmet nyújtanak a hőhatás ellen. A védőruházat rendelkezik belső hűtőrendszerrel, maximálisan körülöleli a testet, többrétegű kevlar betétek és szigetelő légrétegek fokozzák a katona védelmét. Olyan levegőztető rendszer van a sisakba építve, amely minimálisra csökkenti a belégzéses égés veszélyét. [116]

Hősugárzásos teszteknel az EOD-9 ruhákat 400 másodperc időtartamra sugárzási hőáramnak (22 kW/m^2) tették ki. Az első 120 másodperc után nem volt észlelhető hőmérsékletnövekedés a mintaként szereplő kabát törzs (torzó), térd és comb előrész rétegezéseknél. A legnagyobb, 35°C hőmérséklet növekedést a kabátujj előrészt és hátrészt képviselő rétegezéseknél figyelték meg. A lábszár hátrészét képviselő rétegezések nem lettek vizsgálva. [158]

Tűzhatás tesztek során 1 cm vastag benzin-bázisú (jellemzően 100 g) napalm réteget helyeztek el a ruha különböző részein, $15,2 \text{ cm} \times 15,2 \text{ cm}$ nagyságú területen és távolról meggyújtották. A hőmérsékletet a ruharétegek hátfelületén hőelemmel mérték. A napalm meggyújtása után 120 másodperccel a kabátujj hátrész rétegek mögött a maximális hőmérsékletnövekedés 15°C volt. Az összes többi területen nem haladta meg a 15°C -ot. A fájdalomküszöb hőmérsékletét nem haladta meg egyik területen sem az első 240 másodpercben. A maximális hővédelmet a ruha első felszíne nyújtja, a hátrész védelmi képessége alacsonyabb. [158]

III.1.5. KATONAI VÉDŐESZKÖZÖK VISELÉSÉNEK MUNKAEGÉSZSÉGÜGYI VONATKOZÁSAI

A hon- és rendvédelemben szolgálatot teljesítő tűzserészeknek a robbanás illetve robbantás fizikai hatásainak elkerülésére, amennyiben nincs más lehetőség (pl. távirányítású robot használata, kollektív védőeszközök alkalmazása) egyéni védőeszközben kell végrehajtaniuk feladatukat. A Magyar Honvédség tűzserészei az EOD-9 nehéz bombaruhát alkalmazzák mind hazai, mind missziós feladatok végrehajtásakor. Az EOD-9 kiegyensúlyozott védelmet biztosít a túlnyomás, repesz, lökéshullám és a hőhatás ellen, de nem nyújt garanciát arra, hogy nem lesz súlyos sérülés vagy halál robbanás esetén.

Az egészségre és testi épségre nemcsak a különböző katonai és barkácsolt eszközök robbanása, illetve tartalma lehet ártalmas, hanem az ellene irányuló tevékenység körülményei, eszközei is.

A tűzszerész munka közben a felszerelésen túl még több mint 35 kg terhet cipel (a közepes méretű ruha és sisak össztömege 36,1 kg) és jelentős hőterhelés éri, ami jócskán megnöveli a katonát erő megterhelést és igénybevételt. Akadályozott a veríték párologtatása, ami a hőháztartás szabályozását rontja, lehetetlenné teszi a hőleadást, viszont az extrém fizikai megerőltetés hatására az izommunkával és a feladat végrehajtása miatt kialakuló stresszhelyzet miatt rengeteg leadandó hő termelődik, kialakulhat hőkollapszus, hőkimerülés, hóguta is. Ennek kivédésére alkalmazható az EOD-9 védőruházattal kompatibilis testhűtő rendszer, amely segíti a használó törzsének hőszabályozását. Egy elemmel működtetett pumpa segítségével egy tartályból jeges vizet keringtet a viselt öltözetbe épített csőrendszeren keresztül és ez megfelelő komfortérzetet biztosít és megnyújtja a bevetési időt. [151]

Az EOD-9 bombaruha alkalmazásával kapcsolatban az alábbi munkahigiénés szabályokat dolgoztam ki:

1. A feladatra történő felkészülés alapvető elemei:

- az előzetes orvosi vizsgálat;
- a védőruha viseléséhez és a stressztűrő képesség fokozásához szükséges edzettségi szint elérése és megőrzése;
- a feladat végrehajtásának készségi szintű begyakorlása védőruha nélkül, majd védőruhában;
- eltérő klímájú művelési területre érkezéskor akklimatizáció szükséges;
- a katona kioktatása a hőség okozta kórképek megelőzésére, felismerésére.

2. A feladat végrehajtása közben az alábbi higiénés szabályok betartása ajánlott:

- megfelelő munkabeosztást kell kialakítani, körülményektől függően általában 20 perc munkát kövessen legalább 20 perc pihenő, amikor az érintett a sisakot és a felsőrészt leveheti;
- szeparált légkondicionált helyiség vagy legalább árnyékos hely szükséges a pihenésre;
- megfelelő mennyiségű, lehetőleg hűtött, nem alkoholos védőital biztosítása kötelező, ennek egy része rehidrááló sóoldat legyen (pl. Normolyt);

- amennyiben lehetőség van rá, javaslom a feladatot végrehajtó személy terhelés-élettani monitorozását.

3. Védőruhával szemben támasztott higiénés követelmények:

- mérethelyes, állítható;
- jól tisztítható, karbantartható;
- cserélni kell, ha tönkremegy, nincs kihordási ideje;
- oktatás a védőruha alkalmazásával kapcsolatban.

Az EOD-9 bombaruhában történő munkavégzés okozta megterhelés és igénybevétel, valamint ergonómiai kóroki tényezők vizsgálatára nemrég közös programon veszek részt az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Gépszerkezetani és Biztonságtechnikai Intézet szakembereivel, Dr. Szűcs Endre adjunktus és Pető Richárd PhD hallgató vezetésével.

A kísérletek során a bombaruhában való mozgás és feladat-végrehajtás vizsgálata folyik, a résztvevők pulzusának folyamatos regisztrálásával szeretnénk képet kapni a munkavállalót érő megterhelésről. A következő két ábrán a kísérletben részt vevő 29 éves edzett, rendszeresen sportoló férfi pulzusgörbéje látható. Az értékeket POLAR RS800 típusú pulzusrészórával rögzítettük. A vizsgált személy különböző feladatokat kapott egy feltételezhetően gépjárműben elhelyezett IED hatástalanítása kapcsán. Az adatok feldolgozása Polar ProTrainer 5 programmal történt. A mintegy 2 óra 11 perc alatt a személy többször túllépte a maximális intenzitású zóna határát, elérte a 185/perc szívfrekvencia értéket, nyugalomban az értéke 62/perc volt. Tünetei extrém fokú verítékezés, hányás, ájulásérzés.

A 131 perc alatt a mért pulzus és a betáplált alapadatok alapján a vizsgált személy energiaforgalma 28,1 kJ/min volt, amely nagymértékben meghaladja a nehéz fizikai munkánál elfogadható mértékű tartós terhelési határértéket⁶⁵ és egyes feladatok végzése közben meghaladta a csúcsterhelési határértéket⁶⁶ is.

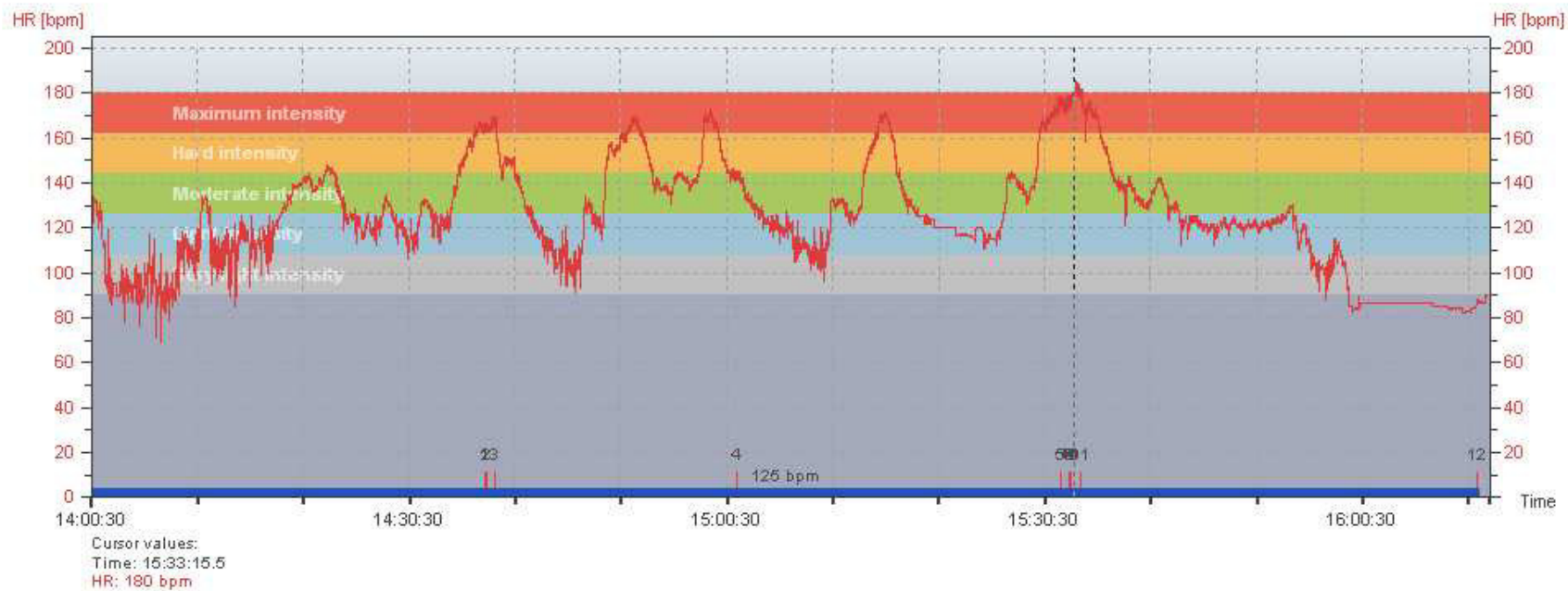
Az improvizált robbanószerkezeteket hatástalanító tűzszerész egyéni edzettségi és egészségi állapotától függően elérheti a maximális terhelhetőséget és teljesítőképeséget, ha

⁶⁵ Tartós terhelési határérték: az a percenkénti energiaforgalom, amelyet a munkaidő hosszára vonatkoztatva folyamatosan fent lehet tartani (férfiak esetében 17,5 kJ/min), óránként számoljuk, ha a munkavállaló meghaladja, pihenést kell biztosítani a számára.

⁶⁶ Csúcsterhelési határérték: a tartós terhelési határérték háromszorosa, melyet még rövid időre sem lehet meghaladni.

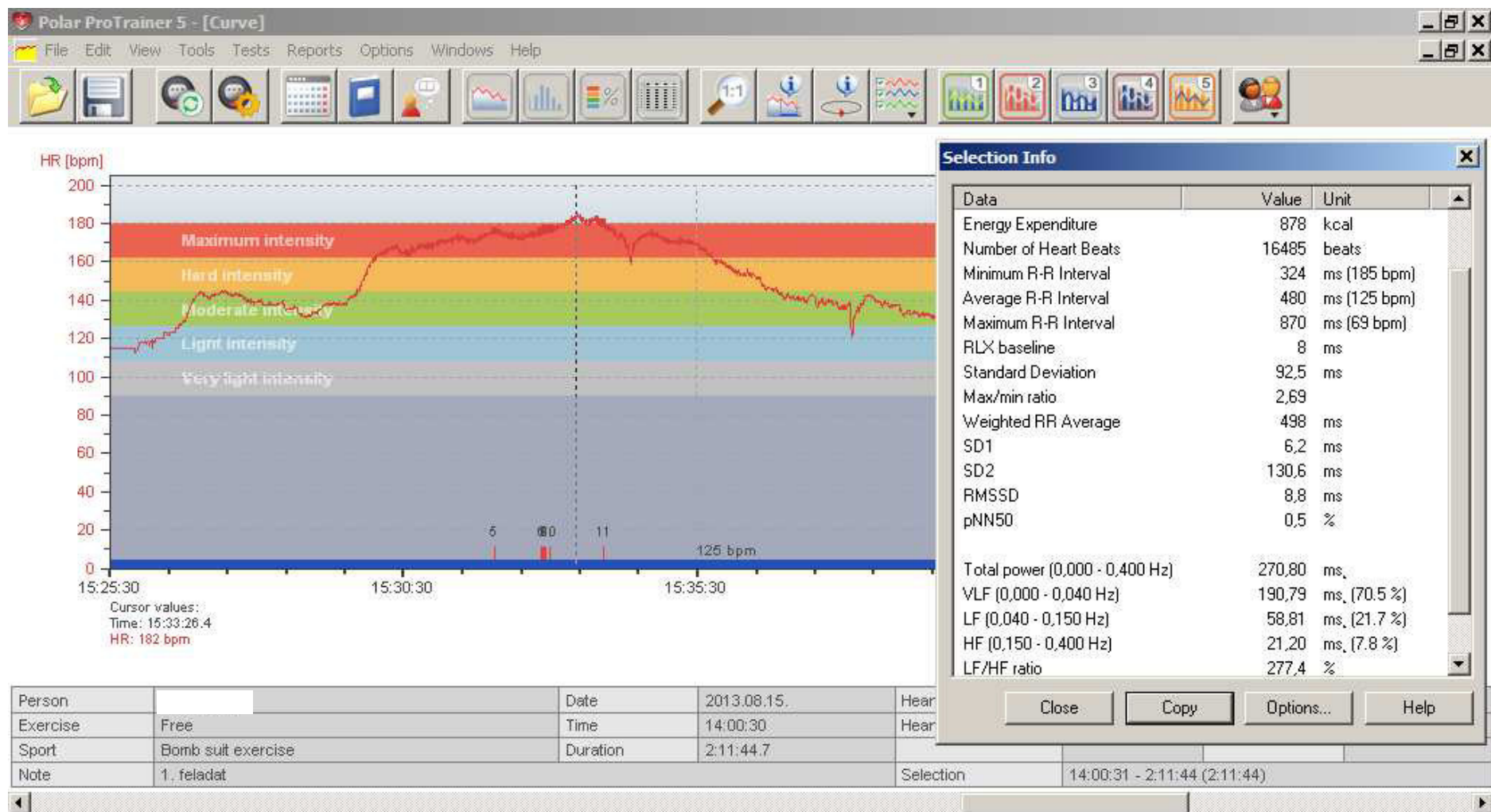
ez megtörténik, tudata beszűkül, döntéshozó képessége, ujjainak kézügyessége romlik, jelentősen megnövekszik a sebesülés valószínűsége. A hatékony megelőzés alapja, hogy a feladat végrehajtása során a tűzseréssz élettani adatai a parancsnok igényei szerint álljanak a rendelkezésére, melyben az egészségügyi szolgálat által végzett bevetés-élettani monitorozás tud segítséget nyújtani. A monitorozás lehetőséget ad trendek készítésére, és ha ismerjük az adott személy élettani tűréshatárait, képesek vagyunk észlelni kritikus állapotát és idejében kivonni a veszélyzónából. A feladat-végrehajtást megelőzően több lehetőségünk nyílik a teljesítőképeség személyre szabott vizsgálatára és egyéni küszöbértékek meghatározására.

[160]



| | | | | | | | |
|----------|--------------------|----------|-------------|--------------------|------------------------------|--|--|
| Person | | Date | 2013.08.15. | Heart rate average | 125 bpm | | |
| Exercise | Free | Time | 14:00:30 | Heart rate max | 185 bpm | | |
| Sport | Bomb suit exercise | Duration | 2:11:44.7 | | | | |
| Note | 1. feladat | | | Selection | 14:00:31 - 2:11:44 (2:11:07) | | |

83. ábra EOD-9 nehéz tűzszerész védőruha alkalmazása közben mért pulzusértékek



84. ábra EOD-9 nehéz tűzserész védőruhában végzett feladat (gépjárműhöz paraván cipelése, majd 20 kg-os vasdarab kiemelése) közben mért pulzusértékek

Az EOD-9 nehéz tűzszerezés védőruhával kapcsolatban egy másik fontos területre is szeretném felhívni a figyelmet. Ha a tűzszerezés megsérül bevetés közben, a sérülések ellátásához kellő gyorsasággal el kell távolítanunk a védőruházatot. A terméket fejlesztő MED – ENG Ltd. erre az eshetőségre is gondolt. A bombaruha felső kabátja egy rántással kibontható és levehető, persze a „mindentvágó olló” segítségére is szükség lehet. A hátvédőt ne távolítsuk el a helyéről, ezzel biztosíthatjuk a gerincoszlop mozdulatlanságát.

Javaslom a rend- és honvédelemben dolgozó tűzszerezések és az egészségügyi biztosítást végző ellátó személyzet kioktatását, kiképzését a bombaruha sérültekről történő eltávolítására. Az MH 1. Honvéd Tűzszerezés és Hadihajós Ezred Improvizált robbantótestek elleni tevékenységek tanfolyamán (IEDD tanfolyam) az elsősegély oktatás részeként már bevezetésre került.



85. ábra Harctéri segélynyújtás kiképzés IEDD tanfolyamon [7]

Esetleírás:

Egy 34 éves férfit kísérték 14:30-kor a rendelőbe. A társai elmondása szerint fájlalja a fejét, hányingere van és zavart. A tünetek megjelenése előtt kb. 1 órával a bombaruhában gyakorlatoztak, közben feldöntötték (ez a gyakorlat szokásos része), amikor jelezte, hogy megütötte a fejét a sisakban. Eszméletvesztése nem volt, fejfájása pár percig tartott, egyéb tünetet nem érzett, ezért nem jelentkeztek akkor.

Vizsgálata során normális élettani paramétereket tapasztaltunk, jellegzetes rövidtávú retrográd amnéziája volt, a vizsgálat közben többször hányt, egyéb neurológiai tünete nem

volt. Koponyán külsérelmi nyom nem látszott. A sérült utolsó tiszta emléke aznap reggelről volt.

Beszállításra került az illetékes kórház sürgősségi osztályára, ahol neurológus szakorvos vizsgálta, koponya CT vizsgálatot végeztek, mindkettő negatív eredménnyel zárult. 24 óras megfigyelés alatt a sérültnek újabb tünete nem jelentkezett, hányás, fejfájás megszűnt. Emlékei aznapról azóta sem tértek vissza, de sem fejfájás, sem más panasz nem jelentkezett azóta sem.

A munkavédelmi kivizsgálás során megállapítást nyert, hogy a sérült nem állította méretre az EOD-9 sisak belső szivacsos alkatrészeit és az állszíjat.

A fent részletezett esetleírás is bizonyítja, hogy milyen fontos a mérethelyes és megfelelően alkalmazott védőeszköz.

III.2. AKUT AKUSZTIKUS TRAUMA ÉS DÖREJÁRTALOM

III.2.1. A HALLÁSKÁROSODÁS KIALAKULÁSA

Élettanilag a hallás során a hangnyomás változást alakítja át a fülünk ingerületté, melyet a központi idegrendszer a hallóidegen keresztül kap meg és dolgoz fel. A 20–20 000 Hz frekvencia közötti hangokat a külsőfül vezeti a dobhártyához, a hang azt megrezegteti, a dobhártya átadja a rezgést a hallócsont láncolatnak. A dobhártya és a hallócsontok is erősítőként szerepelnek, majd átadják az energiát a labirintusban lévő folyadéknak, az érzékelő sejtek a folyadék mozgásától kerülnek ingerületbe. A hangnyomást a koponyacsont is közvetíti, így közvetlenül a labirintusba jut az inger, de a külső és középfül erősítő és védő szerepe kiesik.

A dobhártyának egyes frekvenciákon, főleg a 100–200 Hz tartományban nagyobb impedanciája, így a beszédhangokat jobban erősíti, míg a magasabb hangokat kevésbé, a hallócsont láncolattal együtt mintegy 22-szeresére növeli a nyomásváltozást. Az utolsó hallócsontocska mozgását szabályozza egy kis izomköteg (musculus stapedius), mely a nagyobb nyomásváltozáskor reflexesen összehúzódik, csökkenti a csontocska mozgásterjedelmét, így védi a belsőfület. [161]



86. ábra A fül anatómiája [161]

III.2.1.1. DÖREJÁRTALOM

Akut hallószervi károsodás kialakulhat egy egyszeri nagyintenzitású hang hatására pl. lövés (kb. 150 dB) vagy egy egyszeri, egyetlen hullámból álló aperiodikus légnyomásváltozás és nagyintenzitású hang együttes hatására létrejövő dörejártalom miatt.

A dörejártalomnál a középfül és a belsőfül struktúrájának károsodása következtében általában kombinált típusú halláscsökkenés⁶⁷ jön létre. A dörej erejétől függően a dobhártyán kisebb–nagyobb szakadások, a középfülben bevérzés, a hallócsontláncolat ficama, szakadása, az ovális ablak rupturája, a basalmembrán leszakadása, a Corti-szerv, illetve a szőrsejtek károsodása jöhet létre. [111] [161]

Mivel a robbanási túlnyomás gyorsabban terjed, mint a hang⁶⁸, ezért előbb a légnyomás–változás okozta károsodás jön létre, mely főleg a hangvezető rendszer (középfül) károsodását okozza, de nagy erejű robbanás akár a basalmembrán leszakadását és a csiga folyadékrendszerének károsodását is okozhatja.

A fenti elváltozások miatt jellemzően kombinált típusú halláscsökkenés alakul ki. Érvényesül a fej árnyékoló hatása, ezért általában egyoldali a károsodás. A halláscsökkenés mellett fülfájdalom, fülszengés, a hallójáratból véres váladék szivárgása, súlyosabb esetben egyensúlyzavar és hányinger is jelentkezhet. Minden esetben akut szakorvosi ellátást igényel. [161]

⁶⁷ Kombinált típusú halláscsökkenés: vezetékes és idegi halláscsökkenés is kialakul, a vezetékes halláscsökkenés lényege a hangvezető és erősítő rendszer (dobhártya, hallócsontok) károsodása, míg az idegi halláscsökkenésnél a jelfeldolgozó rendszer (csiga, hallóideg) nem működik megfelelően.

⁶⁸ A hang terjedése levegőben 330 m/s, a robbanási túlnyomás terjedési sebessége az adott robbanóanyag detonációs sebességétől függ $c = \frac{3}{4} D$ pl. hexogén esetében 5250 m/s. [14]

32. táblázat Fülészeti tünetek megjelenése [162]

| Tünetek | Tünetek megjelenése (%) |
|------------------|-------------------------|
| Halláscsökkenés | 77% |
| Fülfájás | 15% |
| Füldugulás érzés | 19% |
| Fülfolyás | 25% |
| Fülcsengés | 50% |
| Szédülés | 8% |

A kezdetben kialakult halláscsökkenés a szakorvosi ellátás után néha spontán is javulhat, a vérömleny felszívódik, a dobhártya-repedés spontán vagy műtéti eljárás hatására gyógyul, a szőrsejtekben bizonyos mértékű regeneráció jön létre, ezért a halláscsökkenés végleges megítélésével, a kártérítési igény elbírálásával fél évet kell várni. A dörejártalom nem foglalkozási betegség, hanem baleset, a bejelentés során is ennek megfelelően kell eljárni. [163]

A robbanásos sérültek esetében 30%-ban maradandó halláscsökkenésre lehet számítani a sérülést követő fél év után végzett vizsgálatok adatai alapján, az érintettek 5%-ának hallókészülékre lett szüksége. [162]



87. ábra Dobhártyarepedés [110]

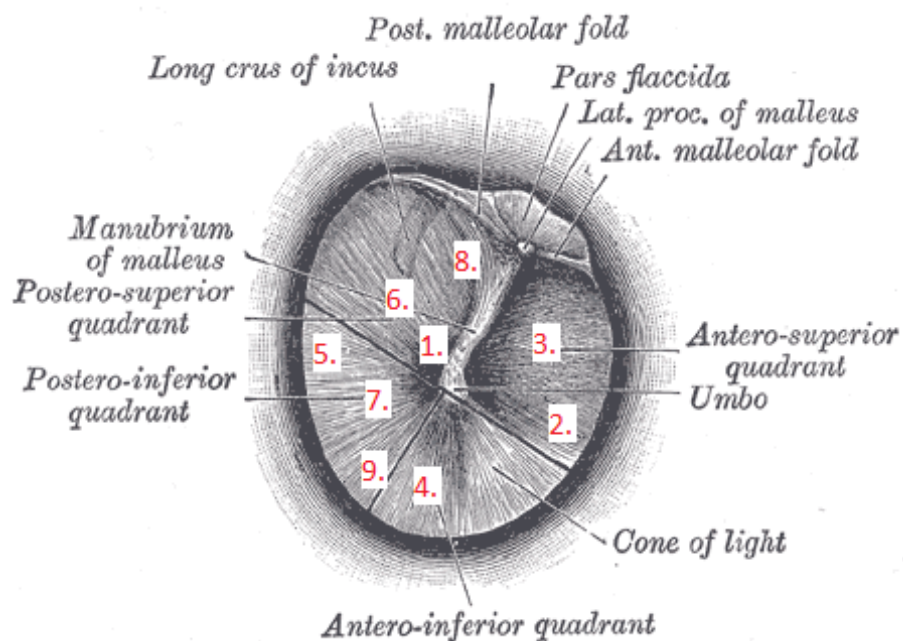
33. táblázat A dobhártya repedés osztályozása az elváltozás súlyossága szerint [162]

| Osztály | Jellemzők | Megjelenési arány (iraki és afganisztáni adatok) (%) | Megjelenési arány (1967–86 közötti időszakban feldolgozott adatok) (%) |
|---------|---|--|--|
| 1 | tűszúrásnyi vagy 2mm-nél rövidebb lineáris szakadás | 6 | 24 |
| 2 | 25%-nál kisebb területet érint | 33 | 42 |
| 3 | 25–50% területet érint | 23 | 27 |
| 4 | 50%-nál nagyobb területet érint | 38 | 7 |

A következő táblázatban és ábrán a dobhártya átszakadás helye, ez és a súlyossági besorolás alapvetően befolyásolják a gyógyulási esélyeket, a műtéti eljárás szükségességét.

34. táblázat Dobhártyaszakadás elhelyezkedése [110] [162]

| Fsz. | Sérülés elhelyezkedése | Az összes érintett arányában (%) |
|------|---------------------------------|----------------------------------|
| 1. | centrális (középső) | 34 |
| 2. | anterior (elülső) | 10 |
| 3. | anterosuperior (elülső – felső) | 3 |
| 4. | anteroinferior (elülső – alsó) | 15 |
| 5. | posterior (hátsó) | 10 |
| 6. | posterosuperior (hátsó – felső) | 1 |
| 7. | posteroinferior (hátsó – alsó) | 5 |
| 8. | superior (felső) | 0 |
| 9. | inferior (alsó) | 5 |
| 10. | nem dokumentált | 15 |



88. ábra Dobhártya részei [162]

A dobhártya sérülésének mértékéből következtethetünk a többi szerv, főleg a tüdő sérülésének lehetőségére. Amennyiben egy sérült esetben a dobhártya átszakadt, mindenképpen alapos vizsgálat szükséges az esetleges tüdőbevérvések felderítésére, és az első ellátástól kezdve potenciális mellkasi sérültként kell kezelni. [110] Irakban több mint 600 IED támadásban sérült katona adatait dolgozták fel és szignifikáns összefüggést találtak a központi idegrendszeri sérülések és a dobhártya átszakadása között, tehát ez a károsodás jelzője lehet a koponyában lezajló folyamatoknak is. [164]

Az impulzív zajra, dörejre a végtagok hajlító izmai, a gerincoszlopot támasztó izomkötegek és a szem körüli izmok reflexhatásra összehúzódnak (startle reakció). [161]

A dobhártya átszakadásának küszöbértéke különböző irodalmi adatok alapján 35–45 kPa, ez alatt fájdalom, bevérzés, átmeneti halláscsökkenés, fülsengés lép fel. 100 kPa körüli nyomásemelkedésnél 50%-os a valószínűsége, más irodalmi adatok szerint viszont majdnem 100%-os, hogy a dobhártya átszakad. [110] [111] [162]

A dobhártya átszakadásának valószínűségét az alábbi tényezők befolyásolják:

– független a robbanás paramétereitől: dobhártya ellenálló képessége, életkor, esetlegesen fennálló betegségek (otosclerosis), egyéni érzékenység az akusztikus terhelésekkel szemben;

– robbanás tulajdonságaitól függ: a sérült az epicentrumhoz képest hogyan helyezkedik el, csúcsnyomás (csúcsintenzitás), a nyomásgörbe meredeksége, lökeshullám pozitív fázisának időtartama, hullámreflexió;

– környezeti tényezők: szél, domborzat, hőmérséklet. [111]

III.2.1.2. AKUT AKUSZTIKUS TRAUMA

A légnyomásváltozás nélküli nagyintenzitású hang (125 dB) hatására főleg a magas hangok területére korlátozódó percepció típusú halláscsökkenés alakul ki, ennek típusos formája a lőfegyver elsütése (kb. 150 dB) után kialakuló halláskárosodás.

A robbanás lökeshulláma tovaterjedve a levegőben szintén nagyintenzitású impulzív zajjá alakul, de főleg a mélyebb frekvenciákat érintve. A halláskárosodás jellemzően egyoldali, a fej árnyékoló hatása miatt.

Állatkísérletek segítségével kimutatták, hogy a károsodás kialakulása során az érzékelő szőrsejtek oxigénhiányos állapotba kerülnek és ennek következtében elhalnak, mivel a zaj hatására összehúzódnak az őket ellátó erek. Ezen érzékelő sejtek nem képesek regenerálódni, ezért az elváltozás visszafordíthatatlan, és idegi típusú halláscsökkenés⁶⁹ alakul ki. [161] A károsodást fokozza, hogy az egyszeri, nagyerejű, impulzusszerű hanginger hatására olyan nagyfokú endo- és perilymphamozgás⁷⁰ jön létre, hogy a Corti-szerv helyenként leszakad a táplálását biztosító membrana basilarisról és azon a ponton elhal. Azok

⁶⁹ Idegi típusú halláscsökkenéskor a belfülben található csigában elhelyezkedő érzékelő szőrsejtek, vagy a képződött jeleket továbbító hallóideg károsodása áll fenn.

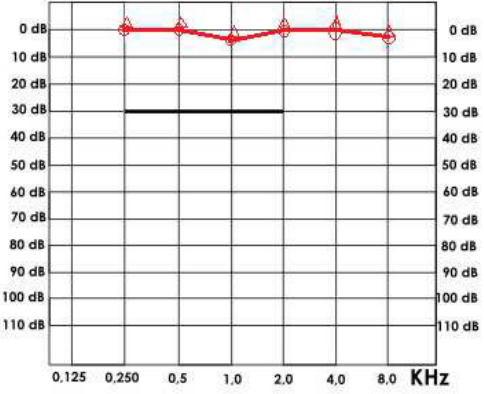
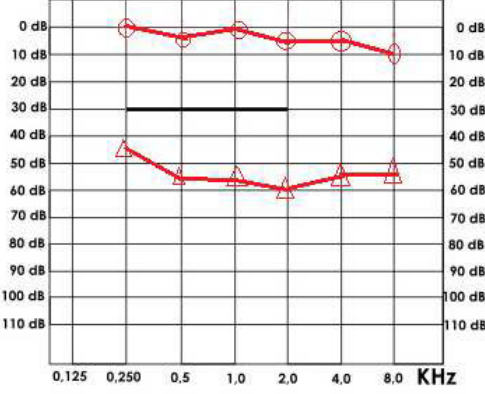
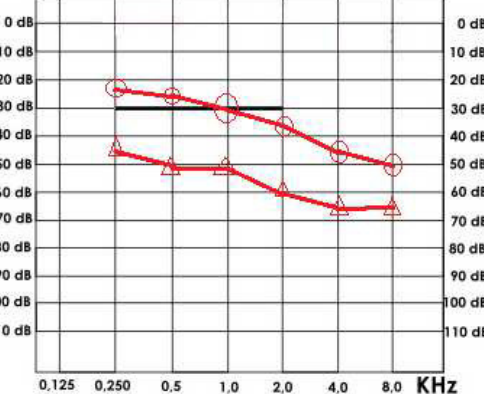
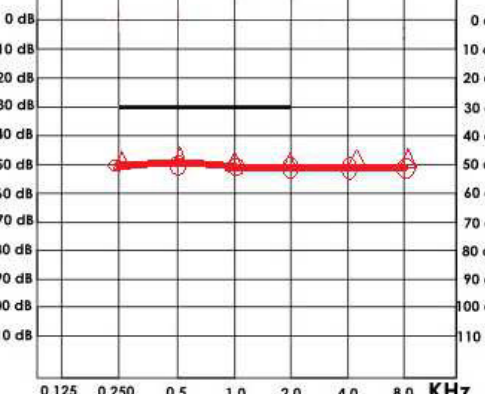
⁷⁰ Endo- és perilympa: a belfülben található csiga és félkörös ívjáratokon belül, illetve körül elhelyezkedő folyadékok, a hangrezgés az ovális ablakban elhelyezkedő hártján keresztül az endolymphában hullámokat kelt, amely megmozgatja a csiga szőrsejtjeinek érzékelő szerveit.

a hangok, melyek karakterisztikus frekvenciája ezen a ponton található, csak jóval nagyobb hangnyomás mellett válnak érzékelhetővé. [161]

Vezető tünet a halláscsökkenés és fülcsengés, fülzúgás, de társulhat hozzá szédülés, hányinger, hányás is.

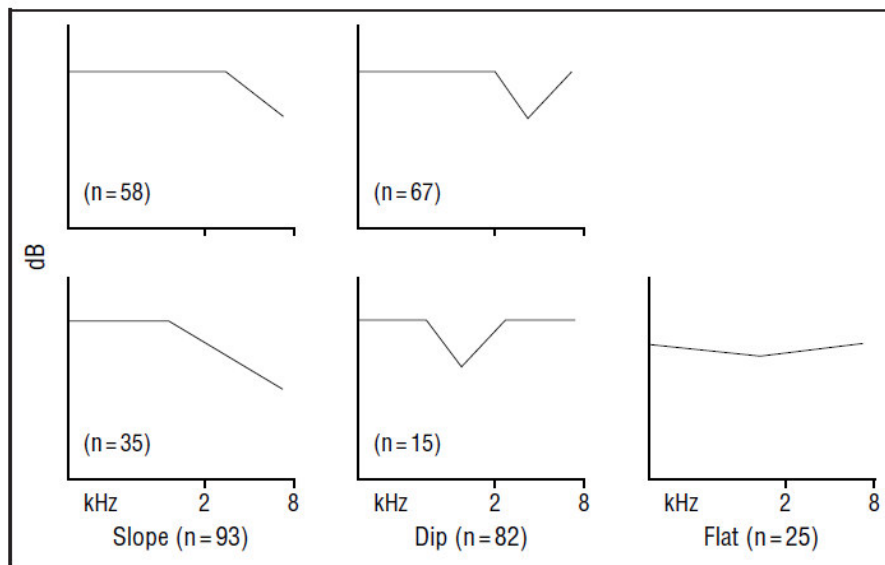
A károsodás mértékét és jellegét a fizikális vizsgálatot követően hallásvizsgálat segítségével állapítjuk meg. A következő táblázatban néhány jellegzetes hallásgörbe látható. [161] [163]

35. táblázat Különböző típusú audiogrammok [163]

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>Normál audiogramm</p> | <p>Vezetékes halláscsökkenés⁷¹ (robbanási túlnyomás miatt dobhártyarepedés jön létre)</p> |
|  |  |
| <p>Kombinált halláscsökkenés (robbanás után a dobhártya és a csiga szőrsejtjei is sérülnek)</p> | <p>Idegi halláscsökkenés (akut akusztikus trauma robbanás után, lapos lefutás, minden frekvencia egyformán érintett)</p> |

A robbanás következtében kialakult akut akusztikus traumát szenvedett sérültek hallásgörbéit elemezve a következő ábrán bemutatott jellegzetes alakú görbéket találták.

⁷¹ Vezetékes halláscsökkenés akkor alakul ki, ha hangvezető és erősítő rendszer (dobhártya és a dobüregben elhelyezkedő hallócsontocskák) károsodnak.



89. ábra Jellegzetes hallásgörbék robbanásos sérülést követően [165]

Nem találtak egyértelműen jellegzetes lefutású audiogramot a robbanás okozta akusztikus traumára, az eredményeket befolyásolta a sérültek életkora, előzetes halláskárosodásuk és a vezetési halláscsökkenés mértéke. Dobhártya sérülés esetén kisebb arányban keletkezett zajcsipke az 1–4 kHz frekvenciáknál, ez talán a hang erősítő funkció kiesésével magyarázható. Zárt terekben történt robbanás esetén a robbanási túlnyomás növekedésével nagyobb arányban történt dobhártyarepedés is, ezért az érintetteknél szintén a lapos audiogram volt a jellemző. [165]

III.2.2. IMPULZÍV ZAJOK MUNKAHIGIÉNÉS ÉRTÉKELÉSE

III.2.2.1. ALAPFOGALMAK

A zajokat alapvetően három jellemzővel tudjuk leírni, az intenzitással, a frekvenciaspektrumával és az időbeli lefolyással. A robbanásnál fellépő zaj rendkívül rövid idejű és nagy intenzitású, frekvencia-spektrumában a mély hangok dominálnak.

A rövid ideig tartó zaj, az impulzív zaj, melynek meghatározása nem egységes. Egyes szerzők szerint impulzív zajról beszélünk akkor, ha a zaj időtartama 300 ms-nál rövidebb, mások ezt 500 ms-ban jelölik meg. Általában elfogadott, hogy impulzív zajnak kell tekinteni azokat a zajokat, amelyeknél a hangnyomásszint az alapzajhoz képest legalább 20 dB-lel emelkedik és a növekedés 35 ms-nál rövidebb idő alatt jön létre. [161] [166]

Az impulzív zajon belül van egy még rövidebb időtartamú csoport, az impakt zaj, amely 25 μ s-nál rövidebb és elsősorban lőfegyverek használatakor keletkezik.

A dőrej (hangrobbanás) egy rendkívül erős, rövid ideig tartó hangjelenség, amely elsősorban légnyomásváltozást okoz. Egy másik megfogalmazás szerint: egyszeri, egyetlen hullámból álló a légnyomás növekedésével is járó zajhatás. A robbanás okozta dőrej spektrumában főleg mély hangok dominálnak. [161]

Az MSZ ISO 1996–1:2003 szabvány [167] az impulzív zajokat 3 csoportba sorolja:

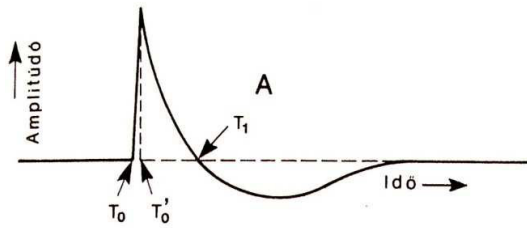
- nagy energiájú impulzív zajforrások: bármely robbanó hangforrás, ahol a TNT tömege meghaladja az 50 g-ot, vagy a hasonló fokú és karakterisztikájú források (például: bányarobbantások, olyan bontási és ipari folyamatok, ahol robbanóanyagokat használnak, katonai lőszer: páncéltörő gránátok, tüzér lövedékek) ez a kategória nem tartalmazza a rövid időtartamú kézfegyverek által generált zajokat;
- nagy impulzusú zajforrások: bármely hangforrás, amely nagy impulzusú karakterisztikával rendelkezik (ide tartoznak: kézi fegyverek, kalapácsütés fémen, szögbelövő pisztoly stb.);
- szabályos impulzív zajforrások: azok az impulzív zajforrások, amelyek nem tartoznak sem a nagy impulzusú, sem a nagy energiájú impulzusos zajforrások közé. Ez a kategória magában foglalja azokat a zajokat, amelyek néha olyan hatásúak, mint az impulzív zajok, azonban mégsem tartoznak az előbb leírt impulzív zajforrások közé. Ilyenek például: a gépjármű ajtajának becsapása, templom harangja.

Az MSZ EN 458:2005 szabvány egy útmutató a hallásvédő kiválasztásához, mely szintén 3 csoportba osztja az impulzív zajokat:

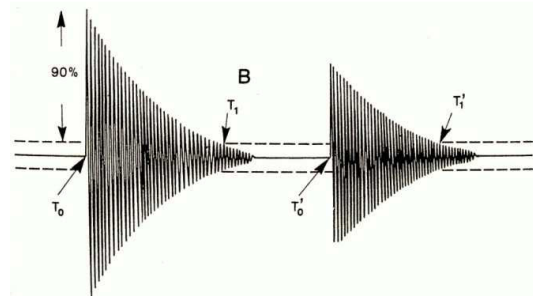
- 1-es típusú: ahol a legtöbb hangenergia a mély frekvencia tartományban oszlik meg. Például: ütve nyomás, robbanóanyag (1 kg), robbanóanyag (8 kg);
- 2-es típusú: ahol a legtöbb hangenergia a közepes és a magas frekvenciatartomány között oszlik meg. Például: szögbelövő pisztoly, puska, kalapács (alumínium, acél);
- 3-as típusú: ahol a legtöbb hangenergia a magas frekvencia tartományban oszlik meg. Például: pisztoly. [168]

Az emberi zajterhelés és halláskárosodás szempontjából a lökés jellegű hangjelek sokkal veszélyesebbek az összes többinél. A rövid, nagyon erős hangok (impulzusos zajok) hatásainak felmérését a hangnyomás csúcsértéke teszi lehetővé. Coles és munkatársai (1968) szerint az impulzusokat két különböző típusba sorolhatjuk. [169]

Az első típusú éles pozitív csúccsal kezdődik, majd egy sokkal kisebb, de időben hosszabb, negatív nyomású szakasszal folytatódik. Ez a puskalövések jellemző idő – amplitúdó grafikonja.



90. ábra Egyszeri impulzus [169]



91. ábra Lecsengő és esetleg ismétlődő impulzus [169]

A második típusnál az impulzus lecsengő jellegű, a csökkenő pozitív és negatív csúcsok a hang frekvenciájának ütemében követik egymást. Emellett például visszaverődések miatt egy második lecsengő jel is előfordulhat.

A rövid idejű hangok hatására bekövetkező hallásküszöb eltolódás többek között azzal is összefüggésben van, hogy a középfül védekező izmai ilyen rövid idő alatt nem léphetnek működésbe. Az időkésést különböző szerzők 10–40 ms közöttire becsülik. Ezért nagy szerepe van a hangimpulzus meredekségének, és ezáltal elmondható az is, hogy az egyszeri hangimpulzus veszélyesebb, mint a lecsengő típusú. Ha az egymás utáni hanglökések 1 s-nál közelebbiek, a védekező izmok működésben maradnak. [169]

III.2.2.2. ZAJEXPOZÍCIÓ ÉRTÉKELÉSE

Minden olyan tevékenység esetén zajmérést kell végezni, amikor a munkavégzés során a munkavállalók zajból származó kockázatnak ténylegesen vagy vélhetően ki vannak téve.

Az alábbi értékeket határozzuk meg a munkavállalót érő zajterhelés megállapításához:

- L_{Aeq} : zajterhelés: a munkahelyen fellépő zaj egyenértékű A–hangnyomásszintje;
- L_{AM} : a munkavállaló tényleges – védőeszközzel meghatározott – expozíciója;
- $L_{EX,8h}$: napi/heti zajexpozíció szintje [dB(A) 20 μ Pa-ra vonatkoztatva], a zajexpozíció idővel súlyozott átlaga egy nyolcórás munkanapra vagy negyven órás munkahétre vonatkoztatva. A munkahelyen fellépő mindenfajta zaj idetartozik, az impulzusos jellegű zajokat is beleértve;

- $p_{csúcs}$ [L_{max} vagy L_{Cpeak}]: legnagyobb hangnyomásszint: az értékelési idő alatt C súlyozó szűrővel és csúcs (peak) időállandóval mért legnagyobb hangnyomásszint. [170]

A zajexpozíciós határértékek és beavatkozási határértékek a következők:

- zajexpozíciós határértékek:

$$L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A)}, \text{ illetve}$$

$$p_{csúcs} [L_{max}] = 200 \text{ Pa [140 dB(C)]};$$

- felső beavatkozási határértékek:

$$L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}, \text{ illetve}$$

$$p_{csúcs} [L_{max}] = 140 \text{ Pa [137 dB(C)]};$$

- alsó beavatkozási határértékek:

$$L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}, \text{ illetve}$$

$$p_{csúcs} [L_{max}] = 112 \text{ Pa [135 dB(C)]}. [170]$$

A beavatkozási határértékek alkalmazása esetén az egyéni hallásvédő eszköz hatását nem kell figyelembe venni. A beavatkozási határértékek szabják meg a munkáltató és munkavállaló jogait és kötelezettségeit a zajvédelemmel kapcsolatban, mint orvosi vizsgálatok elrendelése vagy egyéni védőeszközök biztosítása. [170]

A zajexpozíciós határértékek alkalmazása esetén a munkavállalót érő tényleges zajexpozíciót a munkavállaló által viselt egyéni hallásvédő eszköz zajcsökkentő hatásának figyelembevételével kell meghatározni. A zajexpozíciós határértéket nem lehet meghaladni. [170]

A zaj mérése integráló zajszintmérő műszerrel történik, amelyben különböző szűrőket alkalmazunk a zaj frekvencia összetevőinek a hallószervre kifejtett eltérő hatása miatt:

- „A” szűrővel történik az A–hangnyomásszint meghatározása, itt a mélyfrekvenciás hangokat kevésbé vesszük figyelembe;
- „D” szűrőt kell alkalmazni környezeti zajterhelés megállapításakor pl. repülőterek közelében, figyelembe veszi a külsőfül, mint rezonátor erősítő szerepét;
- „C” szűrővel mért eredmények szükségesek az egyéni védőeszközök kiválasztásához, figyelembe veszi a mélyfrekvenciás komponenseket. [161]

A mérés során a mérési pontot a munkavállaló fülétől 50 cm-en belül kell kijelölni, ha ez nem lehetséges, akkor a mérési pontot a munkavállaló szokásos tartózkodási helyén, álló

munkavégzés esetén 1,5 m, ülő munkavégzés esetén 1,25 m magasságban kell végrehajtani. A méréseket a munkavállalók szokásos tevékenysége közben, illetve a zajforrások üzemszerű működése mellett kell elvégezni. A legnagyobb hangnyomásszint mérésekor különös figyelmet kell fordítani arra, hogy a méréskor valóban a legnagyobb zajszintet okozó üzemelési körülmény legyen. Ennek érdekében megengedett, hogy a legnagyobb zajszintet okozó tevékenységet a mérés érdekében célzottan végezzék, illetve az ilyen gépet, berendezést célzottan működtessék. A nem munkafolyamatból származó, de rendszeresen jelentkező, illetve ki nem küszöbölhető zajokat (pl. más üzemrész zaja, közlekedési zaj) is számításba kell venni. [170] [161]

A megítélési idő 8 óra a műszak, illetve a zajhatás időtartamától függetlenül, ehhez hasonlítjuk a mérési időt, ha egy munkakörben több technológiával vagy munkaterületen zajlik, akkor a munkaidőt fel kell osztani (vonatkoztatási idő) és minden időszakban zajmérést kell végezni, majd ezeknek az értékeknek a súlyozásával lehet kiszámolni a zajexpozíciót.

Az L_{Aeq} egyenértékű A–hangnyomásszint meghatározása:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left[\frac{1}{T_m} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right]$$

ahol:

$p_a(t)$ az A–szűrővel súlyozott hangnyomás időfüggvénye Pa-ban;

p_0 20×10^{-6} Pa, az alapszint;

t_1 a mérési idő kezdete;

t_2 a mérési idő vége;

T_m $(t_1 - t_2)$, a mérési idő s-ban. [170]

Az értékelési idő részeit bontása esetén minden egyes „i” részeit meg kell mérni a zaj $L_{Aeq,i}$ egyenértékű A–hangnyomásszintjét az előző képlet szerint, majd a következő összefüggéssel ki kell számítani az értékelési időre vonatkozó L_{Aeq} egyenértékű A–hangnyomásszintet, dB-ben.

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left[\frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^n \tau_i 10^{0,1 L_{Aeq,i}} \right]$$

ahol:

$L_{Aeq,i}$ az i-edik részeitben ható zaj egyenértékű A–hangnyomásszintje dB-ben;

τ_i az i -edik részidő tartama s -ban;

$$\tau = \sum_{i=1}^n \tau_i \text{ az értékelési idő } s\text{-ban}$$

n a részidők száma.

Ugyanilyen összefüggésekben a L_{Ceq} hangnyomásszintet is meg kell határozni. [170]

A fenti eredmények alapján lehet meghatározni a munkavállalót érő zajexpozíciót és kiválasztani a szükséges védőeszközt az alábbi képletekkel:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left(\frac{\tau}{T} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq}} \right)$$

ahol:

L_{Aeq} a zaj egyenértékű A–hangnyomásszintje dB-ben, a τ értékelési időre vonatkoztatva;

τ az értékelési idő s -ban;

T 28 800 s, a megítélési idő. [170]

A munkavállalót érő egyenértékű A–hangnyomásszint (L_{AM}) meghatározása egyéni hallásvédő eszköz használata mellett:

$$L_{AM} = L_{Ceq} - SNR$$

ahol:

L_{Ceq} az értékelési időre meghatározott egyenértékű C–hangnyomásszint;

SNR az alkalmazott egyéni hallásvédő védőeszköz legalább 80%-os szinten számított csillapítása (SNR_{80}). [170]

A jogszabályok értelmében a zajexpozíció meghatározásához minden esetben szükséges az $L_{EX,8h}$ meghatározása, ezért az erre szakosodott laboratóriumok meg is határozzák, de a robbantástechnikában az impulzív zaj természete és a munkaidő egészéhez mérten igen rövid volta miatt nem nagyon van értelme. Kutatásom során főleg az L_{Cpeak} mérésére fordítottam figyelmet.

III.2.2.3. TÁVOLSÁGTÖRVÉNY

Pontszerű forrás esetén – a robbanás annak tekinthető – a hangnyomás csökkenése a gömbfelület sugarával, vagyis a távolság négyzetével arányos.

$$L = L_w + \lg \frac{D}{4r^2\pi} \text{ (dB)}$$

ahol:

- L a vizsgált pontban lévő hangnyomásszint;
L_w a zajforrás hangteljesítményszintje;
D irányítási tényező;
r a távolság.

D irányítási tényező:

- teljes szabadtérben: D=1;
- egy visszaverő felület esetén (sík terep): D=2;
- két visszaverő felület esetén (fal): D=4;
- három visszaverő felület esetén (derékszöget bezáró falak): D=8.

Ebből következik, hogy sík terepen a távolság kétszerezésével 6 dB-t csökken a zajszint, a hangnyomás a negyedére csökken. [166]

III.2.3. MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

Kutatásom során a Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Munkahigiénés Laboratóriumának szakembereivel működtem együtt, kiemelném Gúth Gábor mérnök százados szakmai segítségét.

A következő alfejezetekben különböző robbantási szituációk, tevékenységek során mért adatok kerülnek bemutatásra.

ROBBANTÓGÖDÖRBEN TÖRTÉNŐ ROBBANTÁS

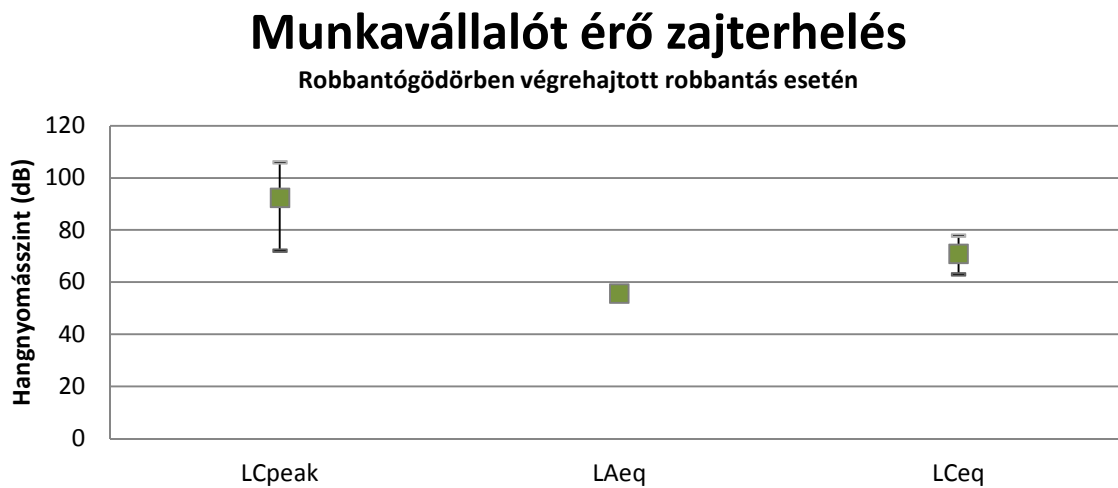
A Magyar Honvédség tüzszerészei a fel nem robbant robbanótesteket és a kezelésre veszélyessé váló kiselejtezett harcanyagokat robbantással semmisítik meg. Ez történt a kazettás bombák hatástalanítása során is. Munkám során a nagyobb robbantási feladatokon egészségügyi biztosítást is végzek, ezért számtalan alkalommal volt alkalmam méréseket végezni ilyen helyzetekben.

A munkavégzés során általában homokos talajban 3–4 méter mélyre helyezik el a megsemmisítendő eszközöket, majd nagyobb mennyiségű (20–50 kg) TNT-préstesttel vagy Semtex-szel szerelik meg és villamos gyújtással indítják el a robbantási folyamatot. A robbantást végrehajtó szakember a robbantástól kb. 300–400 m-re helyezkedik el.



92. ábra Zajmérés Feldebrő körzetében lévő robbantási területen [7]

A kapott értékeket a következő grafikon szemlélteti:

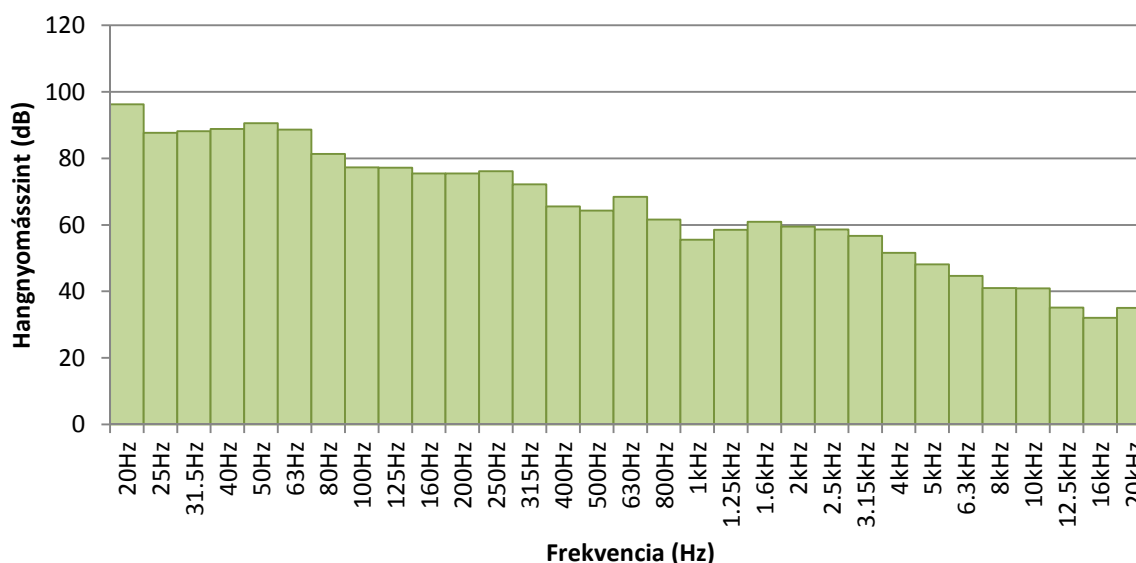


93. ábra Munkavállalót érő zajterhelés robbantógödörben végzett robbantás esetén (saját szerkesztésű diagram)

Az eredményekből látható, hogy egyik érték sem haladta meg a határértéket (L_{Cpeak}), így az adott típusú feladathoz nem szükséges hallásvédő eszköz viselése. A frekvenciaelemzés alapján a mély hangok dominálnak a robbanás okozta impulzív zajban.

Frekvencia-analízis

Robbantógödörben végrehajtott robbantás keltette zaj elemzése



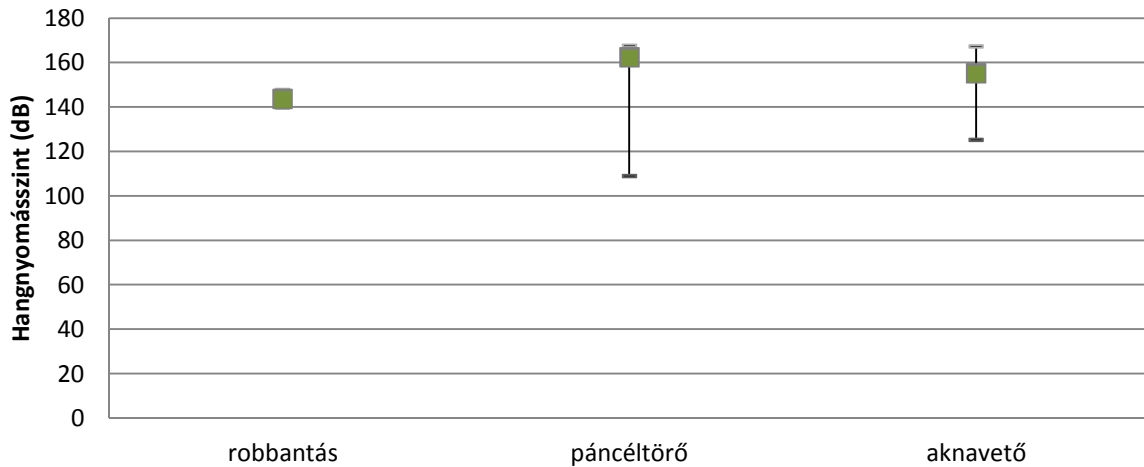
94. ábra Frekvencia-analízis robbantógödörben végzett robbantás keltette impulzus zaj esetében (saját szerkesztésű diagram)

FELSZÍNI ROBBANTÁS

Egyes esetekben a talaj minősége, a feladat jellege vagy a robbanótest instabilitása miatt felszínen kell végrehajtani a robbantási feladatot, ilyenkor a biztonsági távolság jócskán megnő, a robbantást végrehajtó személy pedig lehetőleg fedezék mögé bújlik. A robbantásnál mért értékeket összehasonlítottam különböző a Magyar Honvédségnél rendszeresített fegyverek alkalmazása közben mért értékekkel. A mérés minden esetben a munkavállaló mellett történt, a munkavégzéshez szükséges helyen. Mindegyik meghaladja a csúcs-hangnyomásszintre vonatkozó határértékeket, a robbantásnál „szerencsés” körülmény, hogy nagy távolságból lehet végrehajtani. Felszíni robbantásnál minden esetben szükséges egyéni védőeszköz alkalmazása. A fegyverek esetében az eredmények a MH Egészségügyi Központ Honvéd Közegészségügyi és Járványügyi Intézet Munkahigiénés Laboratórium mérési jegyzőkönyveiből származnak.

Munkavállalót érő zajterhelés (L_{Cpeak})

Felszíni robbantás és különböző fegyverek alkalmazása esetén



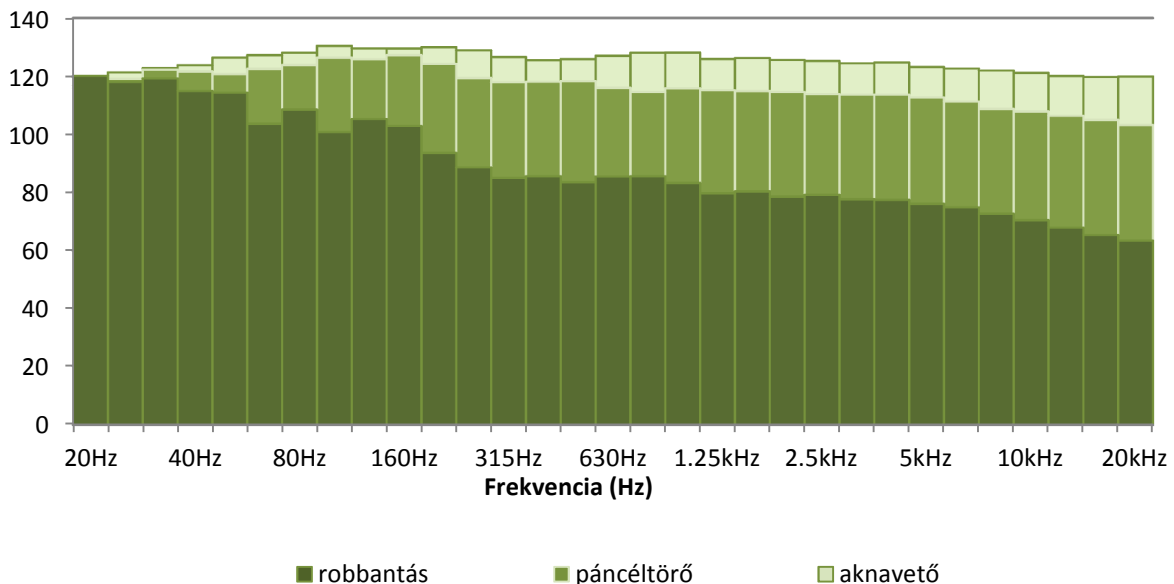
95. ábra Munkavállalót érő zajterhelés különböző típusú fegyverek és felszíni robbantás esetén (saját szerkesztésű diagram)

A frekvencia-analízist mutatja az alábbi grafikon a két fegyver és a robbantás esetében. Látható, hogy robbantáskor a mély frekvenciák, míg a fegyvereknél minden frekvencia egyformán érintett.

Frekvencia-analízis

Hangnyomásszint (dB)

Felszíni robbantás, aknavető és páncéltörő esetében



96. ábra Frekvencia-analízis felszíni robbantás, páncéltörő és aknavető alkalmazása közben (saját szerkesztésű diagram)

NYÍLÁSZÁRÓ ROBBANTÁS

A korszerű, az aszimmetrikus hadviselésnek megfelelő harcászati épületekbe kell minél gyorsabban bejutni a cél érdekében. Ennek egy módja, hogy a különlegesen kiképzett műveleti katonák (közülük is a műszaki specialista) berobbantja az ajtót. A feladat nehézségét az adja, hogy a katonáknak robbantás helyszínéhez közel kell elhelyezkedniük, igaz fedezék mögött a repeszvédelem miatt.

Zajmérést végeztünk a munkavállalókat érő zajexpozíció meghatározására egy próbarobbantás során. A mérések során robbanó gyújtózsín (nitropenta, 63,6 g) robbantását hajtották végre. A mérések a robbantás helyétől 5 méteres, illetve 30 méteres távolságban történtek. A robbantást végző személy 5 méterre helyezkedik el fedezék mögött, de mivel itt a zaj mértéke meghaladta a zajmérő műszer mérési tartományát, a méréseket 30 méter távolságból lehetett folytatni.

30 méteres távolságra 153,3 dB volt az L_{Cmax} értéke, így közelítő számítással (a távolság felezésével 6 dB-t emelkedik a zajszint) a robbantás helyétől kb. 4 méterre: 171,3 dB, L_{Aeq} : 123,4 dB, fedezék nélkül.

A kapott érték alapján a mély frekvencia-tartományban legalább 39 dB minimális csillapítási értékű zajvédelem szükséges, olyan védőeszköz, amely alkalmas az impulzív zajok elleni védelemre.

KÍSÉRLETI ROBBANTÁS EREDMÉNYEI

A TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 számú „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” című pályázat keretében; a „Robbantásos építményvédelem” kiemelt kutatási területben kísérleti robbantások során a „Robbantásos cselekmények során fellépő egészségkárosító hatások mérése, értékelése, a védekezés módszerei, lehetőségei” című tanulmány elkészítéséhez a PCB Piezoelectronics által gyártott 137A21 típusú külső nyomásmérő szondákkal, zajmérést integráló zajszintmérővel, továbbá vegyi mérést Dräger Multiwarn többcsatornás gázmérő műszerrel hajtottuk végre. A vegyi mérés tekintetében a mérgező gázok megjelenésének mértéke került rögzítésre a robbanási hely közvetlen környezetében, különös tekintettel a szénmonoxidra és a nitrogén gázokra. A mérési adatok felvételét 2013. júliusában Balatonfüzfőn a TÜV Rheinland InterCert Kft. robbanóanyag vizsgáló telephelyén végeztük el. A kísérleti robbantások tervezését a TÜV–Rheinland InterCert Kft. munkatársai végezték együttműködve a kiemelt kutatási terület saját kutatóival.

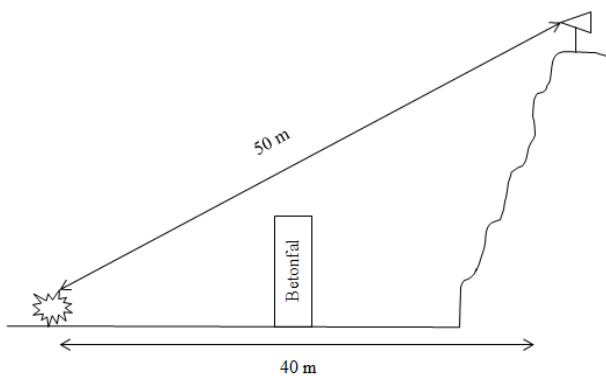
A munkacsoportban részt vett Gúth Gábor mérnök százados és Daruka Norbert mérnök főhadnagy. A vegyi mérés eredményeit a vonatkozó fejezetben részletezem.

A méréseket a TÜV Rheinland InterCert Kft. robbantóanyag-vizsgáló állomásán hajtottuk végre, Balatonfüzfőn. A vizsgáló állomás a várostól észkara, egy dombokkal, sziklával körülvett területen fekszik, melyet lombhullató erdő borít. A robbantó terület egyik felét sziklafal és domb a másik felét pedig betonfal veszi körül, melynek a sarkán egy kapu található.

A mérést több ponton végeztük: egy részét a domboldal tetején, amely kb. 50 méterre található a robbanás helyszínétől, a többi mérési pontot pedig a robbanással egy szintben, attól 20, 25 és 30 méterre. Mindkét esetben a zajmérő műszer 1,5 méteres magasságban helyezkedett el a talajtól. A mérési pontok és a töltetek táblázatban vannak részletezve.

36. táblázat Mérési pontok elhelyezkedése

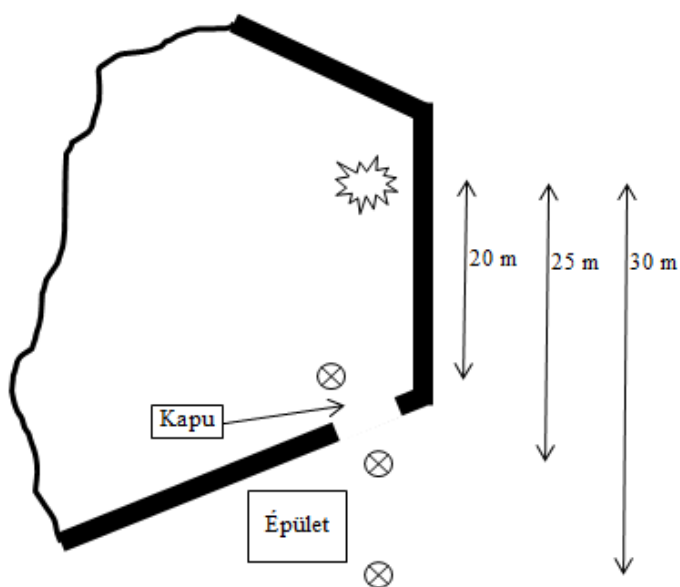
| A mérési pont száma | Mérési pont helye | | |
|---------------------|---|------------------------------|---|
| | A mérési pont elhelyezkedése és távolsága a forrástól | Töltet fajtája és mennyisége | Töltet elhelyezkedése |
| 1 | A töltettel egy szintben, onnan 20 méterre | Hexogén 50 g | Szabad téren, talajtól 1,5 méterre |
| 2 | Domboldal tetején, 50 méterre a töltettől | ANDO – EV 1 kg | Betonfal és az imitált fal között, talajszinten |
| 3 | Domboldaltetején, 50 méterre a töltettől | ANDO – EV 1 kg | |
| 4 | Domboldaltetején, 50 méterre a töltettől | Hexogén 280 g | |
| 5 | Domboldaltetején, 50 méterre a töltettől | Hexogén 280 g | Két imitált fal között, talajszinten |
| 6 | Domboldaltetején, 50 méterre a töltettől | TNT 240 g | |
| 7 | Domboldaltetején, 50 méterre a töltettől | TNT 240 g | |
| 8 | Domboldaltetején, 50 méterre a töltettől | TNT 330 g | |
| 9 | Domboldaltetején, 50 méterre a töltettől | TNT 330 g | Szabad téren, talajtól 1,5 méterre |
| 10 | Domboldaltetején, 50 méterre a töltettől | Hexogén 250 g | |
| 11 | Domboldaltetején, 50 méterre a töltettől | Hexogén 250 g | |
| 12 | Domboldaltetején, 50 méterre a töltettől | Hexogén 250 g | |
| 13 | Domboldaltetején, 50 méterre a töltettől | Hexogén 250 g | |
| 14 | A töltettel egy szintben, onnan 30 méterre | Hexogén 250 g | |
| 15 | A töltettel egy szintben, onnan 30 méterre | Hexogén 250 g | |
| 16 | A töltettel egy szintben, onnan 25 méterre | Hexogén 250 g | |
| 17 | A töltettel egy szintben, onnan 25 méterre | Hexogén 250 g | |
| 18 | A töltettel egy szintben, onnan 25 méterre | Hexogén 250 g | |
| 19 | A töltettel egy szintben, onnan 25 méterre | TNT 460 g | |
| 20 | A töltettel egy szintben, onnan 25 méterre | TNT 460 g | |



97. ábra Mérési pont elhelyezkedése a domboldal tetején oldalnézetben (szerk: Gúth Gábor)



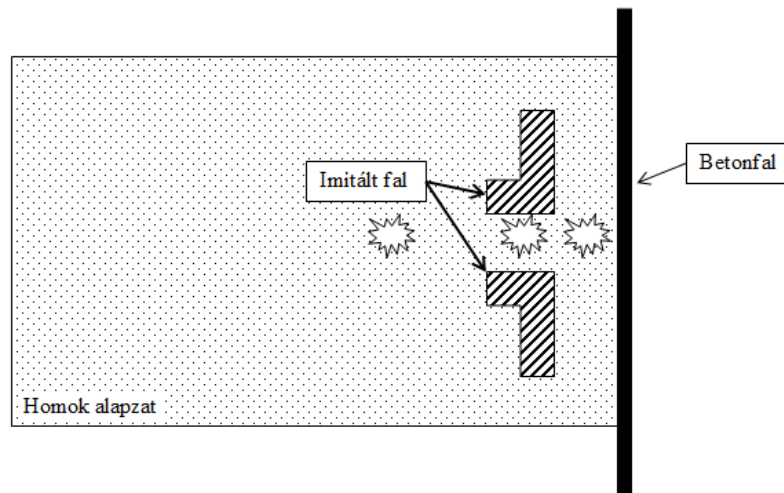
98. ábra Mérőműszer elhelyezkedése a domboldal tetején [7]



99. ábra Mérési pont elhelyezkedése a robbantással egy szintben, felülnézetben (szerk: Gúth Gábor)






100. ábra Mérőműszer beállítása a kísérleti robbantások helyszínén [7]



101. ábra A töltet elhelyezkedése a robbantó területen (szerk: Gúth Gábor)

Jelölések:

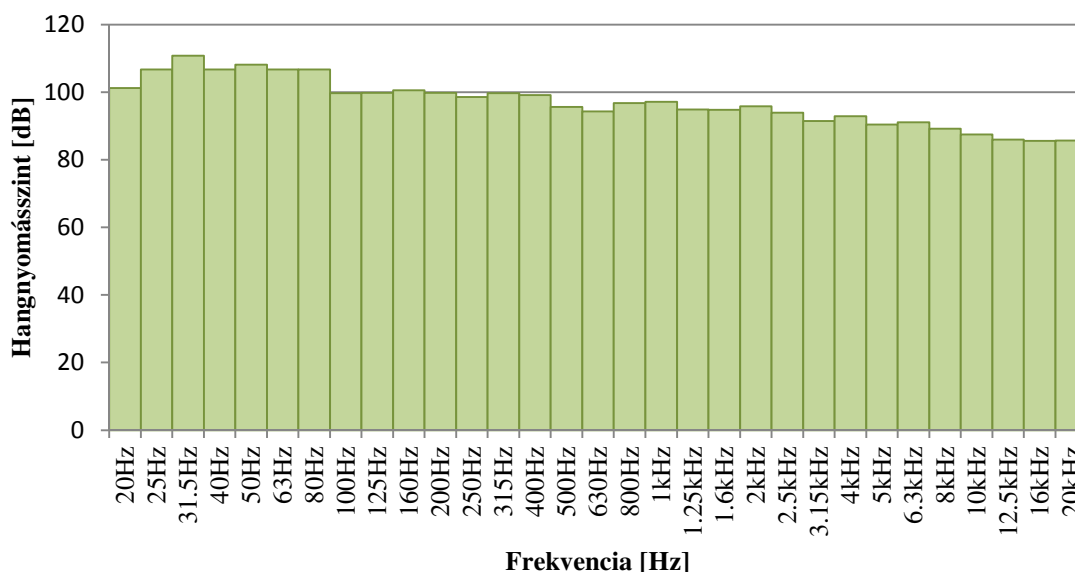
-  – robbantás helyszíne;
-  – mérési pont;
-  – mérőműszer.

A mérés során hitelesített Brüel&Kjær 2250 típusú integráló zajszintmérő eszközt és Brüel&Kjær 4939 típusú mikrofont használtunk, amelyet előtte és utána Brüel&Kjær 4231 típusú kalibrátorral kalibráltunk. Ezt a zajmérő műszert azért alkalmaztuk, mert alkalmas folyamatos adatgyűjtésre (akár 100 milliszekundumonként), ami az impulzív zajok elemzésénél nagy előnyt jelent. A vizsgálatot befolyásoló tényező a mérés helyszínén nem volt.

37. táblázat Mért eredmények

| Mérési pont | L_{Aeq} [dB] | L_{max} [dB] |
|-------------|----------------|----------------|
| 1. | 125,6 | 160,3 |
| 2. | 117 | 154,8 |
| 3. | 117,6 | 154,9 |
| 4. | 114,3 | 150,8 |
| 5. | 115,8 | 152,3 |
| 6. | 113,1 | 150,4 |
| 7. | 113,3 | 151,1 |
| 8. | 113,9 | 151 |
| 9. | 113,5 | 150,6 |
| 10. | 114,2 | 151,5 |
| 11. | 114,6 | 151,4 |
| 12. | 114,1 | 150,7 |
| 13. | 115,3 | 152,2 |
| 14. | 118 | 156 |
| 15. | 119,1 | 156,6 |
| 16. | 127,6 | 164,8 |
| 17. | 127,2 | 164,4 |
| 18. | 127,7 | 164,2 |
| 19. | 123,6 | 160,8 |
| 20. | 123,9 | 161,4 |

A robbantást végző személy a 14-es pontban helyezkedett el. Az ebben a pontban mért értékek frekvenciaspektrumát a következő ábra mutatja.



102. ábra A 14-es ponton mért zaj spektruma (szerk: Gúth Gábor)

Itt is igazolódott, hogy robbantásnál a mély hangok dominálnak, ennek az egyéni védőeszköz kiválasztásnál van szerepe. Az L_{Cmax} minden esetben meghaladta a zajexpozíciós határértéket, ezért még a dombtetőn lévő mérési pontban is szükség van védelemre.

Számítások segítségével meghatároztuk a kísérletben alkalmazott robbanóanyagok forrás hangnyomásszintjét, ennek segítségével a távolságtörvény alkalmazásával számolható a zajártalom szempontjából a biztonsági távolság.

38. táblázat Robbanóanyag forrás-hangteljesítményszintje (elméleti)

| Robbanóanyag megnevezése | Robbanóanyag mennyisége [g] | L_w [dB] (számított, elméleti) |
|--------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Hexogén | 250 | 196,8 |
| ANDO – EV | 1000 | 196,8 |
| TNT | 240 | 192,7 |
| TNT | 330 | 192,8 |

Az impulzív zajoknál a robbanás (vagy lövés) közeli terét nem lehet leírni lineáris akusztikával. Itt ugyanis nem csak tisztán a hangenergia van jelen, hanem a lökéshullám is befolyásolja a mérést. Ezt úgy lehet szemléltetni, hogy a 250 g Hexogén robbantásakor mértünk 30 és 25 méteren is 5 perc eltéréssel, tehát a klímaviszonyok illetve a talajviszonyok ugyanazok voltak. A csúcs hangnyomásszint 30 méteren 156 dB volt. Ezzel az értékkel

számolva a forrásig, majd ezt az értéket felhasználva 25 méteren a csúcs hangnyomásszint értéke számítva 157,8 dB kellett volna, hogy legyen, ehelyett viszont a mért érték 164,5 dB volt, azaz 7 dB-lel több. Míg, ha meg akarom határozni a forrás hangteljesítményszintjét a 30 és az 50 méteren mért eredményekből, akkor ugyanazt az eredményt kapom, mindössze 0,4 dB eltéréssel.

IPARI ROBBANTÁSOK

Ez esetben a mérési adatok nem saját forrásból származnak, hanem irodalmi adatokból. Dr. Földesi János bányamérnök, a Detonet Kft. ügyvezetője több ízben publikált ezzel kapcsolatban. Főleg a lakossági panaszok megelőzése céljából végeztek méréseket kőbányákban és építmények bontásánál végzett robbantásokon.

Külszíni bányászati robbantások során meghatározott helyeken fúrt lyukakba töltik a nagy munkavégző képességű ammónium-nitrát alapú robbanóanyagokat, a lyukakat fojtással látják el, hogy a robbanás a kőzetek roncsolását eredményezze. Szintén fojtással látják el az építmények robbantásánál a töltetek jelentős részét.

A mérési adatok alapján a zajterhelés minden alkalommal a határértékek alatt volt, 85 és 110 dB közötti értékeket mértek.

Egy alkalommal mértem zajszintet Dunabogdányban egy bányászati robbantás során, a robbantást végrehajtó személy mellett az L_{Cpeak} 99,9 dB volt a jövesztéstől 300 m-re. [171]

Összefoglalóan megállapítható, hogy a fojtással ellátott ipari robbantások során alapvetően védőeszközre nincs szükség, de ez nagymértékben függ a helyszíntől, felhasznált robbanóanyag mennyiségétől és típusától, és az iniciálástól. Feladatonként megítélés kérdése, melyben a robbantásvezető dönt, szükség esetén ellenőrző mérésekkel segítheti ezt.

FÉMPLATTÍROZÁS ÉS PORTÖMÖRÍTÉS

A fémátalakítási eljárások a földfelszínen zajlanak, ennek kapcsán is végeztek méréseket. Az alkalmazott robbanóanyag 50–125 kg Permon 10 (ammóniumnitrát alapú, TNT bázisú, kezelésbiztos robbanóanyag) volt. A robbantás helyétől 110–240 m-re helyezték el a zajmérő műszert. A mérési eredmények minden esetben 194 és 200 dB között voltak, a műszer mérési tartománya 200 dB. [171] A mért eredmények nem mutattak összefüggést a távolsággal és a robbanóanyag mennyiséggel, melynek valószínűsíthető oka, hogy a mérőműszer nem tudta pontosan megmérni az adatokat. Ekkora távolságban a zajértékeket még nagymértékben befolyásolhatta a légnyomás is.

Ebben az esetben mindenképpen javaslom elsődlegesen a biztonsági távolságok betartását és a védőeszközök alkalmazását.

III.2.4. HALLÁSVÉDELEM A ROBBANTÁSTECHNIKÁBAN

A zajártalom esetén a munkáltató köteles a zajexpozíció csökkentését célzó intézkedési tervet készíteni a műszaki, illetve munkaszervezési intézkedési lehetőségek figyelembevételével. [161]

Megelőzés eszközei a zajexpozíciónak kitett állomány esetében:

- a jogszabályok betartása;
- műszaki megoldások: teremakusztika helyes kialakítása építészeti megoldásokkal, különböző hangnyomásszintű munkahelyek elhatárolása, zajvédő fülkék, zajvédő fal építése (3 dB-es csökkentés a felére csökkenti a halláskárosodás veszélyét), kevésbé zajos gépek, automatizálás merülnek fel lehetőségként;
- munkaszervezési szempontból a következőket kell betartani: minimális létszám tartózkodjon és csak minimális ideig zajban. Rövid ideig tartó nagyobb zaj után képes a fül regenerálódni, ha utána 70 dB alatt pihen legalább 16 órát;
- alkalmassági vizsgálatok elvégzése az előírt esetekben;
- sérülékeny csoportok védelme;
- egyéni védőeszközök alkalmazása, amelyeket 80dB felett munkáltató köteles biztosítani, 85 dB felett a munkavállaló köteles használni. [161] [170]

A robbantástechnikában – egyes ritka kivételektől eltekintve – az állandóan változó munkahely miatt behatárolt a műszaki megoldások köre, itt főleg a távolságvédelmet és az egyéni védőeszközöket alkalmazzuk.

A kollektív védelem egyik zajcsökkentő intézkedési lehetősége a távolságtörvény alkalmazása. A szabad térben telepített zajforrás által okozott zajszint (L) távolságfüggése, ha a zajforrás legnagyobb mérete (l) és a megfigyelési távolság (r) között az $1 < r$ [m] összefüggés érvényesül:

$$L = L_w + 10 \lg D - 20 \lg r - 11 - \sum K_i$$

ahol:

L_w a zajforrás teljesítményszintje [dB];

D a zajforrás irányítási tényezője;

K_i a hangterjedést befolyásoló korrekciók összege [dB]. [166]

Ahhoz, hogy meg lehessen határozni azt a távolságot, ahol a csúcs hangnyomásszint értéke nem lépi túl a rendelet által előírt határértéket, először meg kell határozni, hogy a robbanás helyszínén mekkora a csúcs hangnyomásszint, majd a határértéket behelyettesítve meg lehet határozni a biztonsági távolságot.

A biztonsági távolság lehet kevesebb is, attól függően, hogy milyen a talajtakaró és a környező növényzet, milyen a talaj összetétele, illetve függ az időjárástól, vagy a beépítettségétől is. Ez utóbbi növelheti is a biztonsági távolságot például, ha egy épület oldalán, vagy annak tövében helyezük el a robbanóanyagot. [166]

Amennyiben a zajexpozícióból eredő kockázatot más intézkedéssel nem lehet megelőzni, akkor a munkavállalót megfelelően illeszkedő egyéni hallásvédő eszközzel kell ellátni. Ha a zajexpozíció meghaladja az alsó beavatkozási határértékeket, akkor a munkáltató egyéni hallásvédő eszközt biztosít a munkavállaló részére, viszont ha eléri, vagy meghaladja a felső beavatkozási határértékeket, akkor a munkavállaló köteles a rendelkezésére bocsátott egyéni hallásvédő eszközt a munkáltató által előírt módon viselni. [161]

Az egyéni hallásvédő eszközt úgy kell kiválasztani, hogy az megszüntesse, vagy a lehető legkisebb mértékűre csökkentse a halláskárosodás kockázatát. A kiválasztásnál a MSZ EN 458:2005 számú szabvány A. 5. eljárása a minimálisan irányadó: [168]

$$L_{AM} = L_{Ceq} - SNR$$

összefüggés alapján kiszámolható a választandó hallásvédő minimális zajcsillapítási értéke. A zajexpozíció nem haladhatja meg a határértékeket, tehát a L_{AM} helyébe ezeket az értékeket behelyettesíthetjük.

Az SNR érték egyszerűsített csillapítási érték, az alkalmazott egyéni hallásvédő legalább 80% -os szinten számított csillapítása. [168]

Impulzív zajoknál az MSZ EN 458:2005 szabvány (nem kötelező érvényű) B melléklete alapján járunk el, amely impulzív zajok elleni egyéni hallásvédő számításának előírását tartalmazza:

39. táblázat Impulzus zajok osztályozása a védőeszköz kiválasztásához [168]

| Zajtípus | Frekvenciatartomány | Zajforrás | d_m (dB) |
|----------|--|----------------------|------------|
| 1 | a legtöbb hangenergia a mély frekvencia tartományban oszlik meg | lyuksajtoló gép | L-5 |
| | | ütve nyomás | |
| | | robbanóanyag (1 kg) | |
| | | robbanóanyag (8 kg) | |
| 2 | a legtöbb hangenergia a közepes és a magas frekvenciatartomány között oszlik meg | szögbelövő | M-5 |
| | | fémkalapálás | |
| | | kalapács (acél) | |
| | | kalapács (alumínium) | |
| 3 | a legtöbb hangenergia a magas frekvencia tartományban oszlik meg | puska | H |
| | | pisztoly | |

A d_m érték azt jelzi, hogy az adott csoportban a védőeszköz gyárilag meghatározott frekvenciára lebontott csillapítási értékei közül melyik tartományt kell és mennyivel módosítanunk. Robbantásnál az 1-es típust kell figyelembe venni, amennyiben bizonytalanok vagyunk, a mérés során frekvencia-analízis kell elvégezni.

Robbantásnál a hangenergia nagyobb része az alacsony frekvenciatartományba esik, ezért a hallásvédő eszköz védelmi képességét korrigálni kell. Amilyen mértékben az alacsony (L) frekvenciatartományban a védőeszköz csillapítani tud, ebből az értékből le kell vonni 5 dB-t, a végeredmény lesz a csillapítás értéke, vagyis a korrigált érték:

$$d_m = L - 5.$$

Ennek ismeretében:

$$L'_{\text{peak}} = L_{\text{peak}} - d_m$$

Hallásvédő eszköz kiválasztása során L'_{peak} -nek a vonatkozó rendeletben meghatározott zajexpozíciós határértéket vesszük, $L_{\text{max}}=140$ dB. [168]

A megfelelő zajcsillapítási jellemzők mellett további követelményeknek is eleget kell tennie a hallásvédő eszköznek:

- EK minősítés;
- Viselése kényelmes legyen;
- Ne jelentsen plusz munkahelyi megterhelést, veszélyt vagy kockázatot. [161]

A megfelelő védőeszköz kiválasztásához a következő táblázat nyújt segítséget:

40. táblázat Hallásvédő eszközök kiválasztása [161] [163]

| Szemponatok | Vatta | Füldugó | Fültok | Sisak |
|----------------------------------|---------------|----------------|---------------|--------------|
| zajszint | 90 dBA-ig | 100 dBA-ig | 105 dBA-ig | 110 dBA-ig |
| zaj frekvencia spektruma | | | | |
| mély | 0 | igen | igen | igen |
| magas | igen | igen | igen | igen |
| napi expozíció időtartama | | | | |
| 8 óra | igen | igen | nem | nem |
| rövid | nem | nem | igen | igen |
| munkakörülmények | | | | |
| oldószer | igen | korlátozottan | igen | igen |
| meleg | igen | igen | nem | nem |
| piszkos | | | igen | igen |
| nehéz fizikai munka | igen | igen | korlátozottan | igen |
| intenzív mozgás | korlátozottan | korlátozottan | nem | igen |
| gyakorlati alkalmazás | nehézkés | tanítható | egyszerű | egyszerű |
| anatómiai viszonyok | nem | igen | igen | igen |
| ellenőrzés lehetősége | nehézkés | megoldható | egyszerű | egyszerű |

Az előző szempontokat figyelembe véve a hallásvédő kiválasztásánál kifejezetten impulzus zajra tervezett és a mély hangokon is megfelelő teljesítményű eszközt válasszunk. Elsősorban a fültok a választandó vagy a fültok füldugóval kombinálva. Léteznek elektromos hangerősítő rendszerrel ellátott, szintfüggő fültokok is, amelyeket olyan környezetben használnak, ahol változó erősségű vagy impulzusszerű zajkibocsátás ellen kell védekezni, azonban kiemelten fontos a figyelmeztetés, vezényszavak vagy általában a beszédhang hallhatósága. Másik lehetőség a kommunikációs eszközzel, akár Bluetooth-szal ellátott fültok, ami lehetővé teszi a megfelelő kommunikációt. [172]

Robbantási gyakorlatban az is fontos, hogy a választott egyéni hallásvédő eszköz kompatibilis legyen a fejvédő sisakkal, védőszemüveggel, ha szükséges légzésvédővel is.



103. ábra Peltor Com Tac II vékony kivitelű kommunikációs fültok, sisak alatt viselhető [173]

Ha nincs lehetőség fültok viselésére, kifejezetten impulzus zajra kifejlesztett füldugó alkalmazása szükséges, bár védelmi értékét nagymértékben befolyásolja a használat minősége, a megfelelő behelyezés is. [172]



104. ábra EAR Combat Arms füldugó [174]

Az Amerikai Egyesült Államok hadseregében szabályzat írja elő a robbantás körüli védőtávolságokat, melyekben pontosan meg vannak határozva az alkalmazandó védőeszközök is. [175]

A következő táblázatban a robbanás epicentrumát körbevevő zónákban meghatározott, maximálisan elviselhető robbantások száma látható különböző egyéni védőeszközökkel. A Z vonalon belül egyáltalán nem lehet tartózkodni, a W vonal felel meg a határértéknek.

41. táblázat Hallásvédő eszközök meghatározása és a maximálisan elviselhető robbantások száma az epicentrumtól mért távolság függvényében [175]

| | | | | |
|--|-------------|-----------------------|----------------------------|-------------------|
| | Zóna | Védelem nélkül | Fültok vagy füldugó | Kombinálva |
| | Z | 0 | 5 | 100 |
| | Y | 0 | 100 | 2000 |
| | X | 0 | 2000 | 40000 |
| | W | nincs korlátozva | nincs korlátozva | nincs korlátozva |

A zónák távolsága az epicentrumtól táblázatokban van meghatározva, burkolat nélküli töltetekre, felszíni robbantáshoz (TNT egyenértékre számolva) a következő táblázatban részletezett értékeket tartalmazza. Az eredeti verzióban font és láb szerepelt mértékegységekként, ezeket átváltottam és kerekítettem, mert így jobban értelmezhető.

42. táblázat A zónák távolsága az epicentrumtól TNT egyenértékre számolt burkolat nélküli felszíni töltetek esetén [175]

| TNT egyenértékre számolt töltettömeg | Epicentrumtól mért távolság (m) | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| | Z | Y | X | W |
| 50 g | 5,5 | 9,5 | 16 | 88 |
| 100 g | 6,7 | 12 | 20 | 110 |
| 200 g | 8,2 | 14,3 | 24,3 | 134 |
| 400 g | 10 | 18 | 30 | 170 |
| 1 kg | 13 | 24 | 41 | 222 |
| 3 kg | 20 | 36 | 62 | 338 |
| 9 kg | 29 | 51 | 80 | 480 |
| 15 kg | 35 | 62 | 88 | 580 |
| 40 kg | 48 | 85 | 145 | 800 |
| 90 kg | 63 | 110 | 168 | 1034 |
| 200 kg | 82 | 145 | 273 | 1350 |
| 400 kg | 103 | 182 | 378 | 1700 |

A táblázat csak a légnyomás hatásait veszi figyelembe, a repeszhatással nem számol, mivel burkolat nélküli felszíni töltetekről van szó. A repesztávolság ennél lényegesen nagyobb lehet adott esetben. Rendelkeznek repesztávolságra és földalatti robbantásokra is hasonló táblázatokkal. A végrehajtó műszaki katonát zsebszámítógépre kidolgozott programok segítik a védőtávolságok meghatározásában. [175]

Munkavállalók eredményeinek értékelése:

A robbantásokat végrehajtó állomány több mint 5%-a számolt be halláspanaszról, melyet munka közben tapasztalt és az alkalmassági vizsgálatok során több, mint 10%-nál figyelhető meg enyhe, 2 esetben közepes fokú halláscsökkenés. Kivétel nélkül minden esetben a károsodás a magas frekvenciákra korlátozódik és kétoldali, a foglalkozási betegség mértékét nem éri el.

2006-ban robbanásos balesetben sérült munkavállaló 3 évvel később egészségügyi alkalmatlansággal leszerelésre került és nyugállományba helyezték. Sérüléskor maradandó halláskárosodást szenvedett, melyet elismertek szolgálati eredetűnek.

A katona állományú személyek halláskárosodásánál figyelembe kell venni nemcsak a robbantást, mint halláskárosító faktort, hanem a lövészeteket, a harckocsi, helikopter és egyéb jármű keltette zajokat is. A vizsgált esetekben a hallásgörbe jellegzetes lefutású, nem dörejártalomra vagy robbanás keltette akut akusztikus traumára utal.

III.3. ROBBANÁSI GÁZOK

A robbanás során nagy mennyiségű gáz keletkezik a robbanóanyagból, ennek nagy része vízgőz és szén-dioxid, de mivel a reakció nagyon gyorsan zajlik és magában a robbanóanyagban a tökéletes átalakuláshoz nem áll rendelkezésre minden alapanyag, számos mérgező és kevésbé mérgező gáz keletkezhet. Ezek a gázok a levegőben rendkívül gyorsan szétterjednek, de a kőzetekben átszivároghatva távoli helyeken is megjelenhetnek, zárt helyeken, bányákban, barlangokban, épületekben megrekednek és veszélyeztetik a robbantási területet ellenőrző, ott munkát végző személyt, a robbanásos sérülteket és az ellátó személyzetet.

III.3.1. A ROBBANÁS, MINT KÉMIAI REAKCIÓ

III.3.1.1. ALAPFOGALMAK

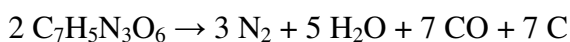
A robbanás egy anyagi rendszer igen gyors felbomlása, amely nagy energia-felszabadulással jár. Megkülönböztetünk fizikai (pl. gázpalack felrobbanása), atommag átalakulás jellegű (maghasadás, magfúzió), illetve kémiai robbanást.

A kémiai robbanásnál az anyag összetétele igen rövid idő alatt nagy sebességgel megváltozik, hő- és gázfejlődés következik be. A kémiai robbanást két csoportra oszthatjuk: térrobbanás (aerosol robbanóanyagot szétszórva, az reakcióba lép a levegő oxigénjével), illetve a kondenzált fázisú (itt az oxigént maga a robbanóanyag tartalmazza). [176]

A robbanás ereje, romboló hatása (munkavégző képesség) függ a reakciósebességtől, a képződő gázok mennyiségétől és a felszabaduló hőmennyiségtől. A nagy reakciósebesség miatt az égés kívülről nem táplálható, ezért a robbanóanyagok a kémiai reakció összes elemét (az oxigént is) önmagukban tartalmazzák, ez különbözteti meg őket a többi energiahordozótól. [176]

III.3.1.2. ROBBANÁSI TERMÉKEK

Kondenzált robbanóanyagok elrobbanásánál nagyon magas nyomás keletkezik, az összepréselt termékek sajátosságai lényegesen különbözhetnek az ideális gáz tulajdonságaitól. A folyamat során nem mindig alakul ki a kémiai egyensúly, a robbanási termékekben kisebb – nagyobb mennyiségben visszamaradnak közbeeső vegyületek. A kémiai átalakulás befejezetlenségének fő oka, hogy a reakció lefolyásához nem áll rendelkezésre elég idő, a nyomás és a hőmérséklet túl gyorsan esik, a robbanóanyag-részecskék égési reakciója lelassul, akár meg is szűnhet. A trotil robbanásakor lejátszódó kémiai változást az alábbi reakcióegyenlet szemlélteti:



Kísérleti mérések során a termékek összetételében mást találunk, amelyekről a következő alfejezetekben lesz szó.

A robbanási termékek összetétele nemcsak a termodinamikai egyensúlytól függ, hanem a kémiai reakció kinetikájától és a nagyon magas nyomáson összepréselt gázok tágulási kinetikájától is. [177]

A szerves robbanóanyagok rendszerint szénből, hidrogénből, oxigénből és nitrogénből állnak, de tartalmazhatnak ként, klórt és fémeket is. Ennek megfelelően a robbanási

termékekben a legkülönbözőbb gáznemű és szilárd vegyületek fordulhatnak elő. A felsorolt összetevők aránya a robbanóanyag oxigénegyenlegének függvénye.

- CO_2 , H_2O , CO , O_2 , H_2 , CH_4 , C ;
- N_2 , NH_3 , C_2N_2 , HCN , NO , N_2O , NO_x ;
- SO_2 , H_2S , HCl , Cl_2 ;
- fém-oxidok, –karbonátok, –bikarbonátok, –cianidok, –szulfátok, –szulfitok,
– szulfidok, –kloridok. [177]

III.3.1.3. OXIGÉNEGYENLEG

Az oxigénegyenleget a robbanó vegyületben lévő éghető elemek és az oxigéntartalom közötti arány határozza meg. Ez 100 gramm robbanóanyagra vonatkozóan a meglévő és a teljes oxidációhoz szükséges oxigénmennyiség különbsége. Az egyes végtermékek megjelenése tehát a mérgező gázok mennyisége ennek a jelzőszámnak az értékétől függ.

Legideálisabb a helyzet, ha az oxigénegyenleg 0, ekkor főleg CO_2 , vízgőz és N_2 keletkezik, robbanáskor a füst világosszürke vagy fehér, ehhez az értékhez legközelebb a nitroglicerín ($\text{OE}=+3,5$) és az ammóniumnitrát ($\text{OE}=+20,0$) áll.

Pozitív oxigénegyenleg esetén oxigénfelesleg van, a robbanás során nitrozus gázok keletkeznek, a füst rozsdavörös vagy sárga. A klorátok és perklorátok tartoznak ebbe a csoportba, robbanóanyagként ilyeneket nem gyártanak a nem megfelelő állapotú pl. átnedvesedett és így nem teljes mértékben robbanó ipari robbanóanyagoknál fordul elő.

Negatív az oxigénegyenleg, tehát oxigénhiány van a legtöbb alkalmazott robbanóanyag esetén. A katonai harcanyagok esetében, mint TNT, hexogén, nitropenta, szintén negatív ez a jelzőszám. Robbanáskor sötétszürke füst keletkezik, kormos lesz a robbantott anyag. [176]



105. ábra TNT, ANDO, és házilag készített robbanóanyagok (TATP⁷²) különböző színű robbanásai [30]

⁷² TAPT: triaceton-peroxid, házilag gyártott robbanószerkezetek kedvelt alapanyaga.

Az oxigénegyensúlyt javítani lehet oxigénhordozó vegyületek alkalmazásával pl. nátrium-nitrát, nátrium-perklorát. [2]

43. táblázat Néhány robbanóanyag oxigénegyenlege és a keletkező gáztérfogat [176]

| Robbanóanyag neve | Oxigénegyenleg | Keletkező gáz térfogata (l/kg) |
|-------------------|----------------|--------------------------------|
| Ammónium-nitrát | +20,0 | 980 |
| Hexogén | - 21,6 | 798 |
| Durránóhigany | - 11,3 | |
| Nitroglicerín | +3,5 | 715 |
| Nitrocellulóz | - 38,7 | |
| Oktogén | - 21,6 | 782 |
| Pikrinsav | - 45,4 | 610 |
| Tetril | - 47,4 | 672 |
| TNT | - 74,0 | 620 |
| Nitropenta | - 10,1 | 780 |

III.3.1.4. ROBBANÁSI GÁZOK ÖSSZETÉTELE

A robbanási gázok összetételét az oxigénegyenlegen kívül befolyásolhatja annak fizikai állapota, a felhasználás körülményei (pl. tökéletlen robbanás, fojtás hiánya, átnedvesedett, nem vízálló ipari robbanóanyagok), az iniciálás módja, a kedvezőtlen időjárási viszonyok (szélcsend, leszálló légáramlatok) is.

A mérgező gázok összetételének megállapításához a Bichel-bombát alkalmazzák. 50 g robbanóanyagot robbantanak fel ellenőrzött körülmények között, majd vizsgálják a keletkezett gáztermékeket. Ebből kerül meghatározásra a szén-monoxid és a nitrogén-oxidok térfogata 1 kg harcanyagra vonatkoztatva, majd az alábbi képlettel kiszámítják a robbanóanyag mérgezőgáz-tartalmát: $V=V_{CO}+6,5xV_{NO}$. [176] [177]

A mérgezőgáz-tartalom alapján három osztályba sorolják a robbanóanyagokat:

44. táblázat Robbanóanyagok osztályba sorolása mérgezőgáz-termelés szempontjából [176]

| Robbanóanyag osztály | Mérgezőgáz tartalom | |
|----------------------|------------------------|--------|
| | cm ³ /200 g | l/kg |
| 1 | >4530 | >23 |
| 2 | 4530–9344 | 23–50 |
| 3 | 9344–18972 | 50–100 |

45. táblázat A trotil robbanási termékeinek összetétele különböző iniciálási feltételek mellett (OE= – 74,0; keletkező gázok sűrűsége az összetétel meghatározásakor = 1,52 kg/l) [177]

| Iniciálás erőssége | | |
|---|-----------------|---------------|
| Robbanási termékek összetétele (gmol/kg) | Gyenge impulzus | Erős impulzus |
| C (Szén „korom”) | 6,6 | 15 |
| CO ₂ (Szén-dioxid) | 1,78 | 5,3 |
| CO (Szén-monoxid) | 18,63 | 8,79 |
| H ₂ O (Víz) | 4,25 | 7,05 |
| H ₂ (Hidrogén) | 5,34 | 1,69 |
| CH ₄ (Metán) | 0,10 | 0,03 |
| C _m H _n (Szén-hidrogének) | 0,09 | 0,05 |
| N ₂ (Nitrogén) | 4,74 | 5,2 |
| NO (Nitrogén-monoxid) | – | – |
| O ₂ (Oxigén) | – | – |
| HCN (Cián-hidrogén) | 1,1 | 1,4 |
| C ₂ N ₂ (Dicián) | 1,2 | 0,1 |
| NH ₃ (Ammónia) | 0,3 | 0,9 |

46. táblázat A legnépszerűbb robbanóanyagok gázalakú robbanástermékeinek térfogata [177]

| Robbanóanyag neve | Sűrűség [kg/m ³] | Térfogat [l/kg] | CO/CO ₂ |
|-------------------|------------------------------|-----------------|--------------------|
| TNT | 0,85–1,5 | 750–870 | 3,2–7,0 |
| Hexogén | 0,95–1,5 | 950–990 | 1,68–1,75 |
| Pikrinsav | 1,0–1,5 | 750–780 | 2,1–4,0 |
| Tetril | 1,0–1,55 | 740–840 | 3,3–8,3 |
| Nitropenta | 0,85–1,65 | 790 | 0,5–0,6 |
| Nitroglicerín | 1,6 | 690 | – |

III.3.2. A KELETKEZŐ GÁZOK MÉRGEZŐ HATÁSA

A keletkező mérgező gázok esetében nem hagyható figyelmen kívül rendkívüli egészségkárosító és környezetszennyező hatásuk sem. Ebben a fejezetben a jelentősebb robbanási termékek emberi szervezetre gyakorolt hatásait, okozott kórképeket, tüneteket részletezem. A legnagyobb jelentősége a szén-monoxidnak van mind az egészségügyi hatások megjelenésének kockázata, mind a robbanás során keletkezett mennyiség miatt.

III.3.2.1. SZÉN–MONOXID

A szén-monoxid a kémiai típusú fojtógázok csoportjába tartozik. Színtelen, szagtalan, a levegőnél kisebb fajsúlyú, tűzveszélyes gáz. Szerves anyag tökéletlen égésekor keletkezik. Meggyújtva szén-dioxidá ég el. A klórral napfény hatására foszgénné (COCl_2) egyesül.

Hatásai: Felszívódása kizárólag tüdőn keresztül történik. A szénmonoxidnak 300-szor nagyobb a hemoglobinhoz való affinitása, mint az oxigénnek, ezért a kis mennyiségű CO jelenlétében is átalakul a hemoglobin egy része karboxi-hemoglobinná, így az oxigén leadása a szövetek felé gátolt. A csökkent oxigénellátás legkorábban a központi idegrendszerre hat. Specifikus mérgező hatása is van (a központi idegrendszer magas vastartalmú részei károsodnak). Kiválasztása szintén a tüdőn keresztül történik. Biológiai felezési ideje 5 óra, melyet oxigénnel dúsított levegő belélegzésével csökkenteni lehet. Toxicitás függ a szén-monoxid iránti érzékenységtől, amely egyéni, a fiataloknál nagyobb; az expozíció idejétől; belélegzett levegő CO tartalmától; a szervezet anyagcsere állapotától (pl. izommunka); a vér hemoglobintartalmától (pl. vérszegénység); a dohányosok érzékenyebbek, a vérben magasabb a karboxi-hemoglobin tartalom. [178]

Tünetek:

1. Akut mérgezés: szédülés, fejfájás, bágyadtság, részegséghez hasonló állapottal kezdődik, majd eszméletlenség, halál. A nagyfokú izomgyengeség miatt gyakran lehetetlen a menekülés. Az arc cseresznyepiros. Késői tünetek: szédülés, emlékezet zavar, hallás és látászavarok, gyakori a szívinfarktusz (2%-os karboxi-hemoglobin tartalom esetén már EKG eltérések jelentkeznek).

A tünetek jelentkezhetnek fokozatosan, de kialakulhatnak hirtelen is. Az alábbi táblázat a szén-monoxid légtér-koncentrációját mutatja ppm⁷³-ben, a légtérben eltöltött időt és ezek alapján a várható tüneteket. Az első tünetek arra érzékeny személynél már 35 ppm felett megjelenhetnek. [179]

⁷³ ppm: A ppm (parts per million) megadja a rendszer millió (10^6) egységében (tehát tömeg-, vagy térfogat-, vagy pedig anyagmennyiség-egységében (részecskeszámában, db.) az illető komponens mennyiségét ugyanazon egységben.

47. táblázat Szén-monoxid mérgezés tünetei különböző légtér-koncentráció és az eltöltött idő alapján [179]

| légtér-koncentráció (ppm) | behatási idő | hatás |
|---------------------------|----------------------|--|
| 200 | 2–3 óra | enyhe fejfájás, fáradtság, szédülés, hányinger |
| 400 | 1–2 óra | homloktáji fejfájás |
| 400 | 3 óra | életveszély |
| 800 | 30 perc | szaggató fejfájás |
| 800 | 2–3 óra | halál |
| 1500 | 20 perc/1–2 óra | eszméletvesztés/halál |
| 3000 | 5–10 perc/20–30 perc | eszméletvesztés/halál |
| 6000 | 1–2 perc/10–20 perc | eszméletvesztés/halál |
| 12000 | 1–5 perc | halál |

48. táblázat A szén-monoxid mérgezés szakaszai [179]

| mérgezés szakaszai | tünetek |
|---------------------|--|
| kábulási szak | fejfájás, fülzúgás, szédülés, hányinger, hányás, kábultság, de lehet izgatottság |
| görcsölés szaka | inkontinencia, félrenyelés, eszméletlenség, görcsök |
| légzésbénulás szaka | halál |
| gyógyulási szak | ha a mérgezett túléli, maradandó tünetek jelentkeznek: parkinsonizmus, mozgászavar, egyensúlyzavar, pszichés zavarok |

Krónikus mérgezés tünetei: szédülés, fejfájás, álmatlanság, gyomor és szívtáji fájdalom, szív- és érrendszeri zavarok, csökken a szellemi teljesítőképesség, emlékezetzavar, alvászavar, csökkenő munkateljesítmény, ingerlékenység, érzelmi labilitás léphet fel. Sok esetben észleltek fokozott szérum koleszterin-, lipoprotein- és glükóz-koncentrációt. [178]

Mérgezés esetén a legfontosabb a mérgezett kimentése, tüneti kezelés, oxigén belélegeztetése. Minden esetben kórházi megfigyelés szükséges a késői szövődmények veszélye miatt. [178]

49. táblázat A szén-monoxid légtérben megengedett határértékei, megelőzési szintek [180]

| Munkahelyi monitorozás | Koncentráció (mg/m ³) | Koncentráció (ppm) |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Megengedett átlagos koncentráció (ÁK) | 33 | 28,8 |
| Megengedett csúskoncentráció (CK) | 66 | 57,6 |
| Megelőzés szintjei | Koncentráció (mg/m ³) | Koncentráció (ppm) |
| Készenléti fokozat | 20–40 | 17,4–35 |
| Védelmi fokozat | 40–450 | 35–393 |
| Evakuálási fokozat | >450 | >393 |

Amennyiben egy munkahelyen szén-monoxid expozíció veszélye áll fenn, a biológiai monitorozás kötelező, amely a karboxi-hemoglobin mérésével történik, a megengedhető határérték 5%. [178]

1988 óta az Egyesült Államokban és Kanadában 17 bizonyított és 39 feltételezett esetet regisztráltak, amelyek során robbantási feladat végrehajtásakor szén-monoxid mérgezésben szenvedtek munkavállalók a mély- és külszíni bányákban, építkezéseken, 1 fő meghalt. [181] Az Egyesült Államok hadseregében a szén-monoxid mérgezés a 7. leggyakoribb foglalkozási betegség, az esetek jelentős része az üzemanyagok kezelése, felhasználása kapcsán alakult ki, de előfordult robbantási feladat végrehajtásakor is. [182]

III.3.2.2. NITROGÉN–OXIDOK

A nitrogén oxidálása útján keletkező gázkeverék (NO, NO₂, N₂O₄, N₂O₃), barnássárga–rozsdabarna színű, szúrós szagú, vízben nem oldódik, igen reakcióképes, erélyes oxidáló hatású anyag. Vízrel és a nyálkahártyákon is salétromos-sav, illetve salétromsav képződik belőlük.

Hatásai: Felszívódás tüdön keresztül történik. A belégzett nitrózus gáz 80 %-a bejut az alveolusokba, a nitrózus gázok a nedvesség hatására salétrom és salétromos-savvá alakul, amely károsítja a szöveteket, a gázok egy részéből nitritek és nitrátok képződnek (methemoglobinaemia jelentkezik).

Tünetek akut mérgezés esetén a belélegzett koncentrációtól függően különböző súlyosságúak.

50. táblázat Nitrózus-gáz mérgezés tünetei a légtér-koncentráció függvényében [183]

| Koncentráció | Tünetek |
|--------------|---|
| alacsony | nyálkahártya izgalom egyáltalán nem alakul ki, a lappangási idő után (néha éjszaka) köhögés, légszomj alakul ki tüdőödémával vagy anélkül |
| magas | az első szakaszban nyálkahártya helyi izgalmi tünetei (torokkaparás, köhögés, hányás, fejfájás, szédülés) után 3–10 órás lappangás után hirtelen erős köhögés; légszomj, légzés és pulzus-szaporulat, tüdőödéma. Később miliaris típusú vírus pneumoniához hasonló tüdőgyulladás alakulhat ki. A lappangási időszakban végzett fizikai munka a prognózist jelentősen rontja |
| igen magas | gégeödéma, azonnal halál vagy gyors tüdőödéma alakul ki |

Krónikus mérgezés: fejfájás, álmatlanság, terhelésre fulladás, köhögés, fogyás, az orrnyálkahártyáján fekélyképződés.

Mérgezés esetén a legfontosabb a mérgezett kimentése, tüneti kezelés, oxigén belélegeztetése. Minden esetben kórházi megfigyelés szükséges a késői szövődmények veszélye miatt. [183]

III.3.2.3. METÁN

A metán a mocsárgáz egyik alkotóeleme, színtelen, szagtalan tűz- és robbanásveszélyes gáz, amely a levegőnél könnyebb.

Emberre gyakorolt hatása a levegőből az oxigén kiszorítása miatt okozott fulladás, amely főleg zárt térben való előfordulás esetén jelent kockázatot. Folyékony formában bőrrel érintkezve fagyási sérüléseket okoz. [184]

III.3.2.4. CIÁN

A hidrogén-cianid színtelen, keserűmandula-szagú, szobahőmérsékleten folyékony vagy gáz halmazállapotú igen mérgező anyag.

Hatásai: felszívódása tüdőn és korlátozott mértékben a bőrön át történik. A szervezetben erős az affinitása a három vegyértékű vashoz, tehát a vastartamú enzimekhez (citokrómozidázok). Helyileg irritálja a szemet, nyálkahártyákat. Általános hatása az anyagcserében résztvevő enzimrendszerek bénítása, különösen azt az enzimet bénítja, amely az oxigén felhasználásához kell a sejtekben.

Akut mérgezés tünetei fejfájás, szédülés, fülzúgás, nyálfolyás, hányás, szívdobogás, zavartság, mellkasi szorító érzés, fulladás, görcsök. Nagy mennyiség azonnali halált okoz.

A tartós, kismértékű expozíció olyan nem specifikustüneteket válthat ki, amely a szervezet minden szervrendszerét érinti. Jellemző az autonóm idegrendszer károsodása, pszichés változások, szív-érrendszeri tünetek, májkárosodás.

Kezelésében első az expozíció azonnali megszüntetése, a szennyezett bőr lemosása. A cian mérgezés specifikus ellenszere az nátrium-nitrit, mely methemoglobint képez a vérben és ez megköti a cianidokat, ezután nátrium-tiosulfát adásával a cianidokat tiocianátokká alakítjuk, ami a vesén keresztül kiürül. A hidroxokobalamin még hatásosabb, mint a klasszikus kezelés. Kiegészítő kezelések, kórházi megfigyelés minden esetben szükséges. [185]

III.3.2.5. AMMÓNIA

Az ammónia színtelen, szúrós, fojtó szagú gáz. A levegőnél jóval könnyebb. Vízben rendkívül nagy mennyiségű ammónia oldódik. Vízrel megfordíthatóan ammónium-hidroxidot (NH_4OH – szalmiákszesz) képez.

Hatásai: felszívódása kizárólag tüdőn keresztül történik. Izgatja a szem kötőhártyáját, orr-, hörgők nyálkahártyáját, vízzel ammónium-hidroxidot alkot, ami köhögési rohamot, fulladásos, súlyos esetben tüdőödémát okoz. A szalmiákszesz lúgos kémhatású, kémiai égést okoz.

A tünetek akut mérgezés kis koncentrációban történő érintkezés esetén izgatja a szem kötőhártyáját, orr-, hörgőnyálkahártyát. Nagy koncentrációban köhögési rohamot, fulladásos bronchitist, súlyos esetben tüdőödémát, gégegörcsöt okoz. A szem szaruhártyája súlyosan sérülhet. Az ammónia helyi izgató hatású vörösség, fájdalom, hólyagok alakulhatnak ki, vízzel érintkezve fagyási sérülés is létrejöhethet. A szalmiák bőrön, nyálkahártyákon, conjunctiván égési sérüléseket, mélyre terjedő nekrozisokat, hólyagokat, pörkösödést okozhat. Krónikus mérgezés esetén gyakori az idült conjunctivitis, bronchitis.

Mérgezés esetén a legfontosabb a mérgezett kimentése, tüneti kezelés, oxigén belélegeztetése, a kémiai égés helyi ellátása. Minden esetben kórházi megfigyelés szükséges a késői szövődmények veszélye miatt. [186]

III.3.3. A MÉRGEZŐ GÁZOK TERJEDÉSE, SZELLŐZTETÉSI IDŐ

A robbanási gázok összetételét az oxigénegyenlegen kívül befolyásolhatja annak fizikai állapota, a felhasználás körülményei (pl. tökéletlen robbanás, fojtás hiánya), iniciálás módja, kedvezőtlen időjárási viszonyok (szélcsend, leszálló légáramlatok) is.

A robbanás során felszabaduló gázok nagyon rövid idő alatt terjednek szét a levegőben a magas hőmérséklet, a nyomás (robbanási túlnyomás) következtében, tulajdonképpen a robbantással ez a cél, ennek eredménye a munkavégzés. Utána egy nagyon rövid negatív fázis (vákuum) keletkezik. Ezt követően megjelenik a robbanás körzetében kialakult primer felhő, ami a légáramlás hatására mozog, méreteit, koncentráció eloszlását változtatja, terjed. Ez a primer felhő a robbanóanyagból származó gázokból, gőzökből és az esetlegesen fojtásként felhasznált anyag részecskéiből áll. [176]



106. ábra Primer felhő kialakulása robbanáskor [6]

Nyílt térben a primer felhő szétterjed és nagyobb méretű szennyeződést okoz, ez nagymértékben függ a szennyeződést alkotó gázok sűrűségétől, a levegő sűrűségéhez való viszonyától, a szél sebességétől és a levegő hőmérsékletétől, tehát a légköri stabilitástól. A robbanási gázok terjedését egy pillanatszerű pontforrásból származó mérgező anyag terjedéséhez hasonlíthatjuk. Viszont a termelődött mérgező gáz gyorsan hígul, gyorsan csökken a koncentráció. Általában egészségügyi problémát nem okoz, ezt a később bemutatott mérési eredmények is alátámasztják. [187]

A robbanás során nagyon rövid idő alatt nagyon nagy mennyiségű, akár több ezer köbméter gáz keletkezik, a nagy nyomás miatt a gáz halmazállapotú részecskék bepréselődnek a talajba, a kőzetrésekbe, ott felhalmozódhatnak, ahonnan később hosszan szivároghatnak a külvilág felé. Kőbányászatban előfordult mérgező esetek miatt méréseket végeztek és a robbantás után 8 nappal még kimutatható volt a szén-monoxid jelenléte. Előfordult, hogy a kőbányához közeli pincékben halmozódott fel a szén-monoxid szintén mérgezőeket okozva. [188] [189]

Zárt terekben problémaként jelentkezhet, hogy a keletkező szén-monoxid a légkör oxigéntartalmát felhasználva szén-dioxiddá alakul, ezáltal oxigénhiányos környezet jön létre, emellett megemelkedik a szintén mérgező szén-dioxid szintje is.

A mélyszíni bányászatban különböző képleteket alkalmaznak a robbantás utáni úgynevezett füstvárás idő kiszámítására, attól függően, hogy milyen típusú szellőztetés van az adott bányákban kiépítve. Zárt terekre kis módosítással az alábbi módon lehet kiszámolni a védőtávolságot és a várakozási időt:

A robbanási gázok szétterjedési távolsága:

$$L = 2,4A + 10$$

ha az érték nagyobb 70 m-nél, akkor csak a 70 m-t kell figyelembe venni.

$$t = \frac{2,4A + L_d}{v_d}$$

ahol:

t várakozási idő percben;

A felrobbantott robbanóanyag mennyisége;

L_d legközelebbi megfelelő nagyságú nyitott nyílászáró és a robbantási hely közötti távolság;

v_d gázáramlási sebesség a robbanás után, min. 0,5 m/min. [190]

Fontos, hogy a számított várakozási időt műszeres mérésekkel kell alátámasztani, a mérési értékek közül a legkedvezőtlenebb értéket kell figyelembe venni. A levegő oxigéntartalmát szintén ellenőrizni kell, 19 térfogatszázalék alatt légzési problémák és oxigénhiányos állapot léphetnek fel. [190]

A robbanási gázok okozta kémiai expozíció értékelése ugyanúgy történik, ahogy a második fejezetben leírt robbanóanyagok gőzeit, porait értékeljük. A robbanási gázok az I. helyileg irritáló kategóriába (nitrogén-oxidok, ammónia) és a II.1 kategóriába (szén-monoxid, cián), a felszívódva ható anyagok közé tartoznak, melyeknek hatása az egész szervezetet érinti, de felezési idejük 2 órán belüli. Egyiknek sem ismert rákkeltő hatása, tehát ÁK és CK határértékek vannak meghatározva.

III.3.4. MÉRÉSI MÓDSZEREK, EREDMÉNYEK

III.3.4.1. SZÉN–MONOXID MÉRÉSE

A keletkező mérgező gázok közül a fenti adatok szerint a szén-monoxid a legjelentősebb, valamint abból a szempontból is veszélyes, hogy színtelen, szagtalan, tehát az érintett egy esetleges mérgezés esetén már csak a tünetek megjelenésekor veheti észre, hogy meghaladja az határértékeket. Ezek miatt a szempontok miatt a szén-monoxid szint meghatározás céljából méréseket végeztünk az egyes robbanóanyagokkal. A mérések végrehajtásában nagy segítséget kaptam Kugyela Lóránd és Kuris Gabriella robbantásvezetőktől.

Módszer: Szén-monoxid mérőműszert a robbantások során vagy személyi mintavevőként alkalmazva a munkát irányító robbantásvezető, tűzszerész járőrparancsnok légzési zónájában elhelyezve, vagy fix-pontos kihelyezett mintavevőként kaptuk a mérési eredményeket. A mérésekhez a LASCAR Electronics EL USB-CO datalogger-t alkalmaztunk. A műszer 1 ppm pontossággal képes mérni akár 10 másodpercenként. Az adatok kinyerése PC alkalmazáson keresztül történik, amely grafikus formában is megjeleníti a mérési eredményeket. Ppm-ben megadott értékeknél a készüléken 50 a riasztási szint.



107. ábra LASCAR EL USB CO datalogger [191]

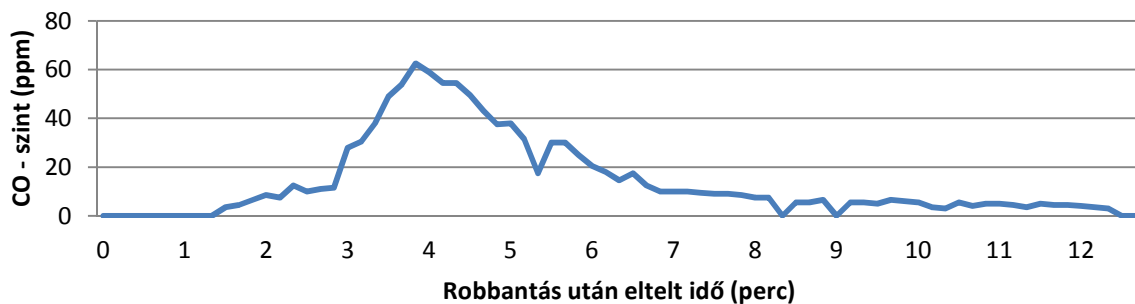


108. ábra Mérés kivitelezése [7]

A következő diagramokon különböző robbantási feladatokon mért szén-monoxid értékek láthatók a robbantás után eltelt idő függvényében.

Szén-monoxid szint változása a robbantást végző személy légzési zónájában

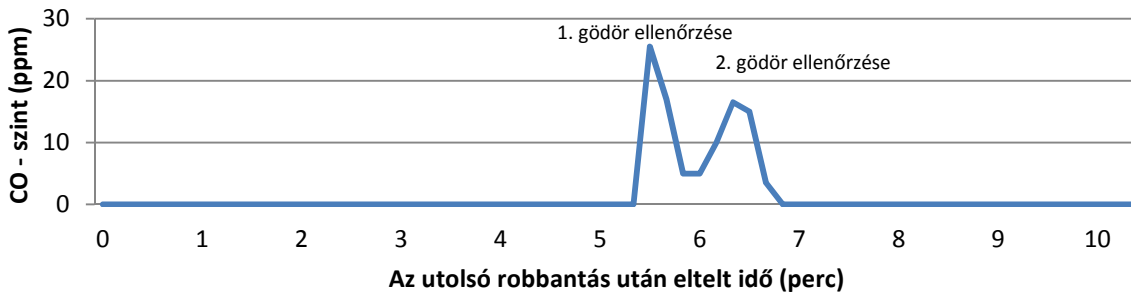
Kb. 100 kg robbanótest és robbanóanyag (TNT) megsemmisítése robbantógödörben



109. ábra Fel nem robbant lőszer, gránátok megsemmisítése közben mért CO-szint (saját szerkesztésű diagram)

Szén-monoxid szint változása a robbantást végző személy légzési zónájában

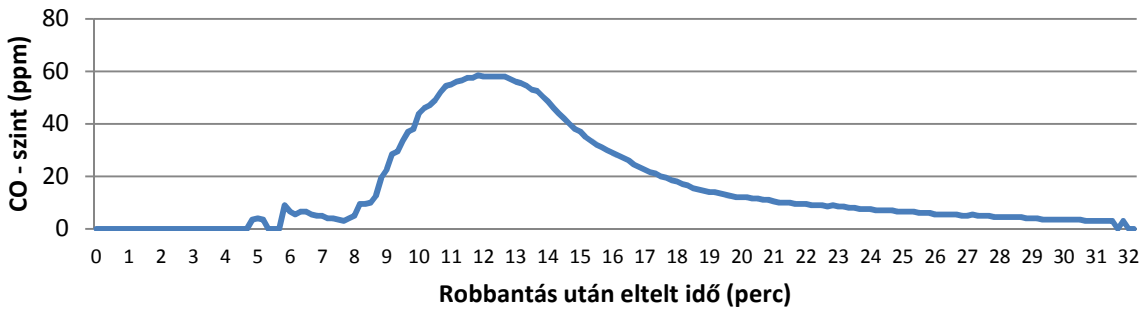
Kb. 100 kg robbanótest és robbanóanyag (TNT) megsemmisítése robbantógödörben több gödör alkalmazása esetén



110. ábra Fel nem robbant lőszer, gránátok megsemmisítése közben mért CO-szint több robbantógödör alkalmazása esetén (saját szerkesztésű diagram)

Szén-monoxid szint változása a robbantást végző személy légzési zónájában

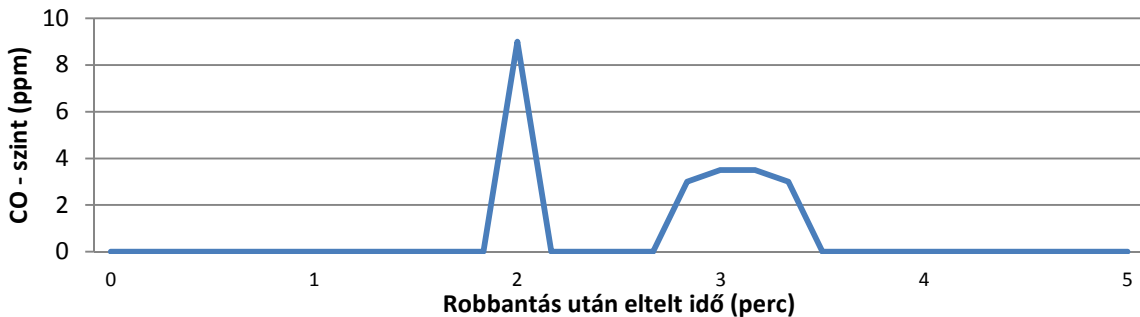
Barlangi robbantás során 1 kg Semtex és robbanó gyújtózsínor alkalmazása esetén



111. ábra Barlangi robbantás során 1 kg Semtexet és robbanó gyújtózsínort használtak fel (saját szerkesztésű diagram)

Szén-monoxid szint változása a robbantást végző személy légzési zónájában

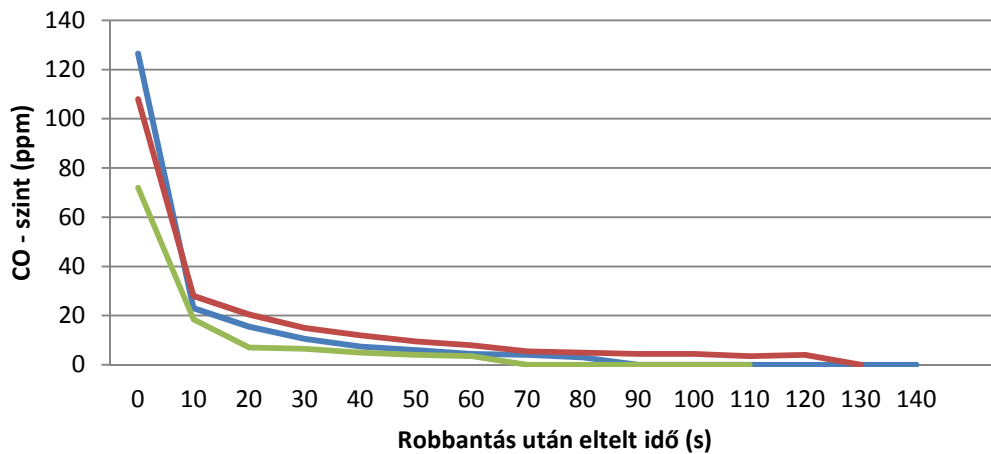
Bazalt kőbányában 20 fúrt lyukba összesen 800 kg ammónium-nitrát alapú robbanóanyagot (ANDO és emulziós) töltöttek



112. ábra Bazalt kőbányában végzett robbantás során 800 kg ammónium-nitrát alapú robbanóanyagot használtak fel (saját szerkesztésű diagram)

A következő diagramokon robbantás foglalkozás során mértük a különböző feladatok alatt a szén-monoxid szinteket, főleg kihelyezett, úgynevezett fix-pontos méréssel. Ezek a grafikonok azt mutatják, milyen expozíció érne azt a személyt, aki közvetlenül a robbanás közelében tartózkodik. Ez előfordulhat robbanásos baleset esetén, vagy ritka esetekben szándékosan, amikor pl. nyílászáró robbantásnál közlelő, fedezék mögül történik a feladat végrehajtása.

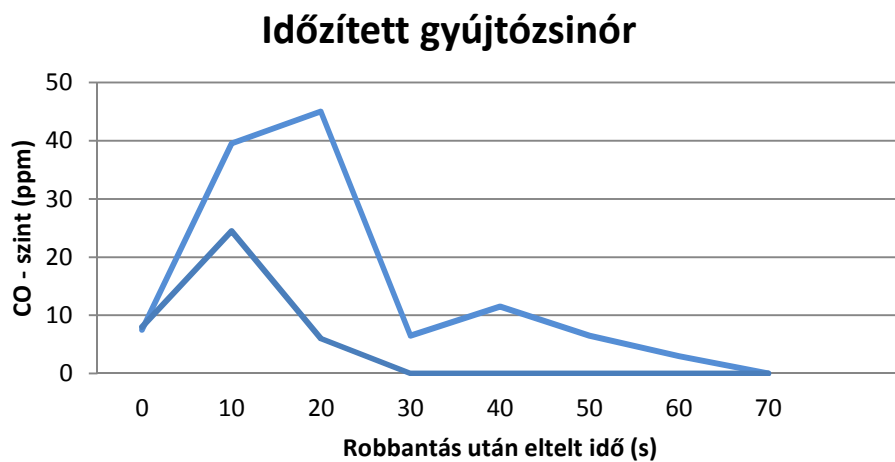
75 grammos TNT préstest



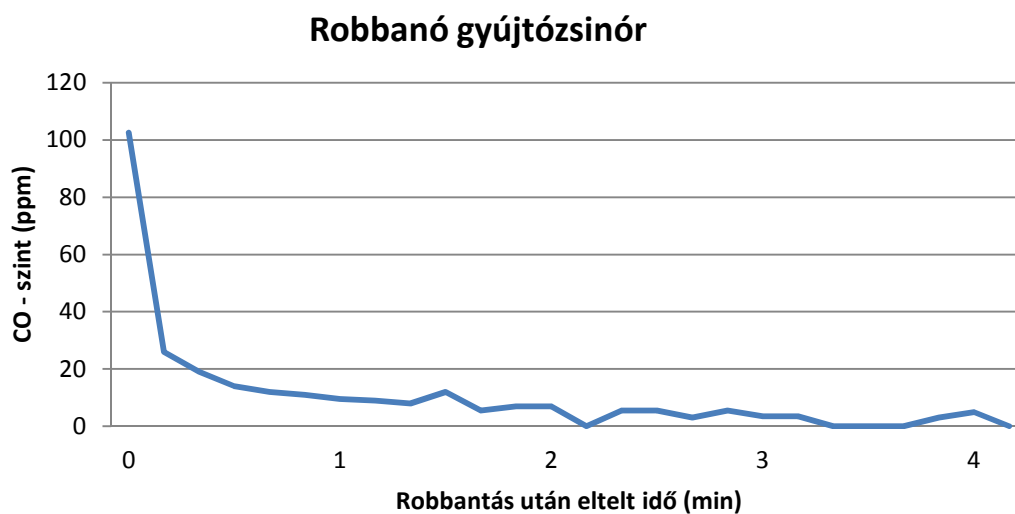
113. ábra 75 grammos TNT préstest időzített gyújtószinórral történő felrobbantásakor kihelyezett mérőeszközzel mért szén-monoxid értékek (saját szerkesztésű diagram)



114. ábra 75 gr TNT préstest robbantás előtt, a gödör szélén a szén-monoxid mérő eszköz [7]

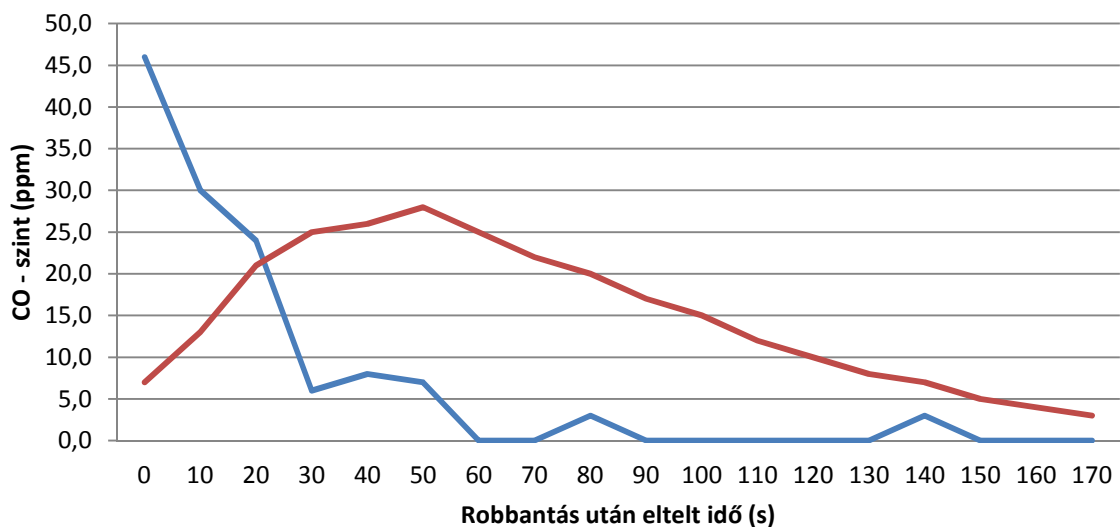


115. ábra Robbantás foglalkozás során az időzített gyújtószinór ellenőrzésekor mért szén-monoxid értékek (saját szerkesztésű diagram)



116. ábra Robbanó gyújtószinór (Nitropenta) felrobbantásakor kihelyezett eszközzel mért szén-monoxid értékek (saját szerkesztésű diagram)

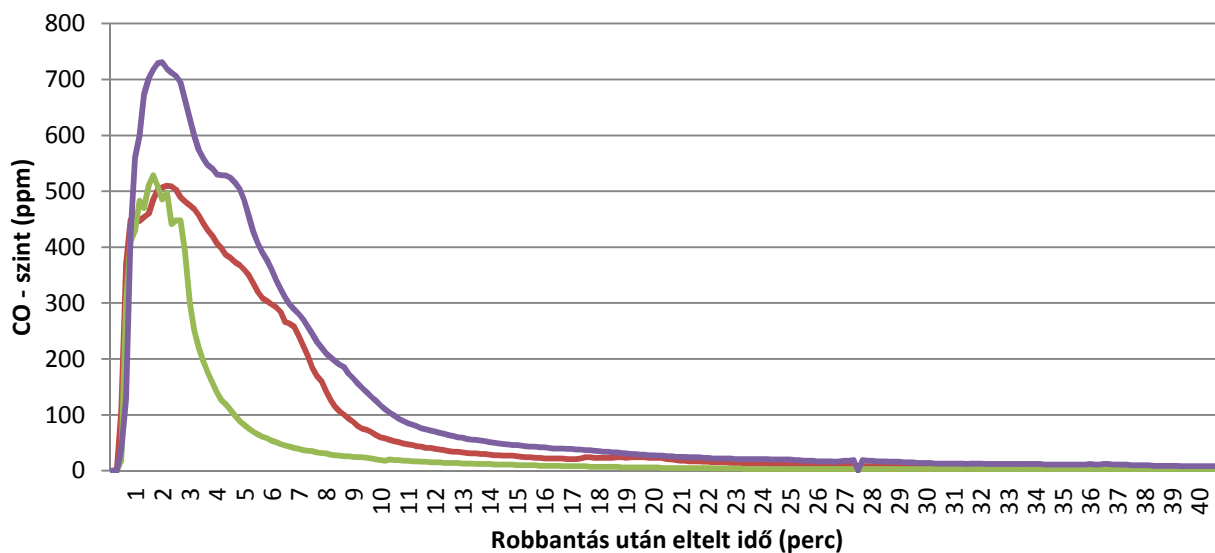
Hurok robbantása sodronykötélre



117. ábra Hurok robbantása során robbanó gyújtózsínort alkalmaznak, a mérés kihelyezett mintavevővel történt (saját szerkesztésű diagram)

Szén-monoxid szint változása a robbantási terület közelében

Kb. 100 kg Riogel Troner (watergel) robbanóanyag felrobbantási mélyszíni vasérc bányában

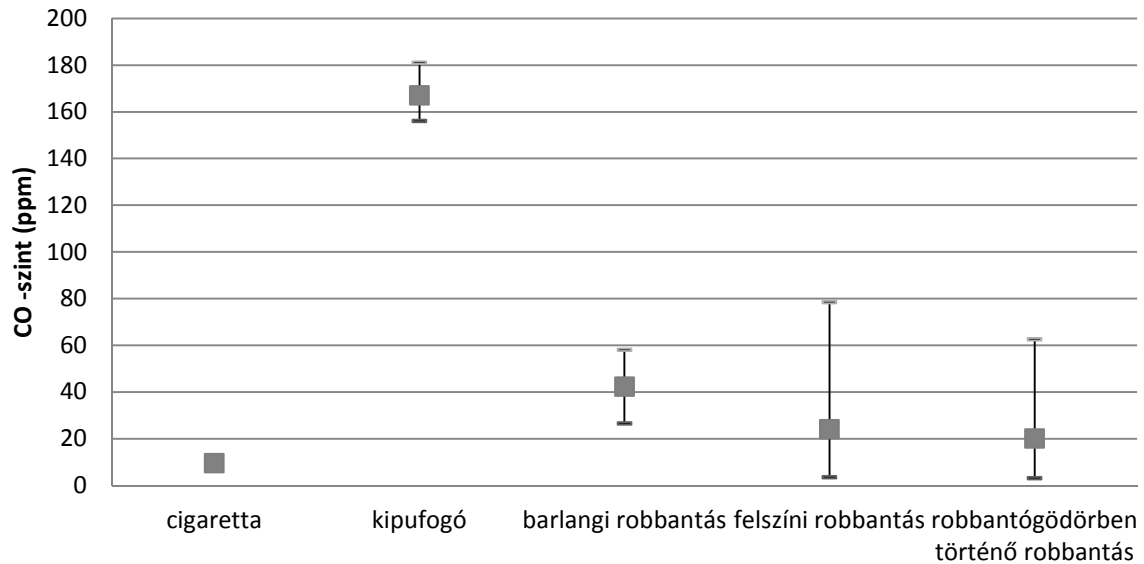


118. ábra Mélyszíni fejtésen, vasérc bányában 3 robbantás során a robbantás helyszínéhez közel kihelyezett mérőműszerrel mért értékek (saját szerkesztésű diagram)

A mért értékek összesítve a következő diagramon láthatók, összehasonlításképpen feltüntettük a cigarettázó kollégák környezetében és egy dízelüzemű teherautó kipufogója mellett mért szén-monoxid értékeket.

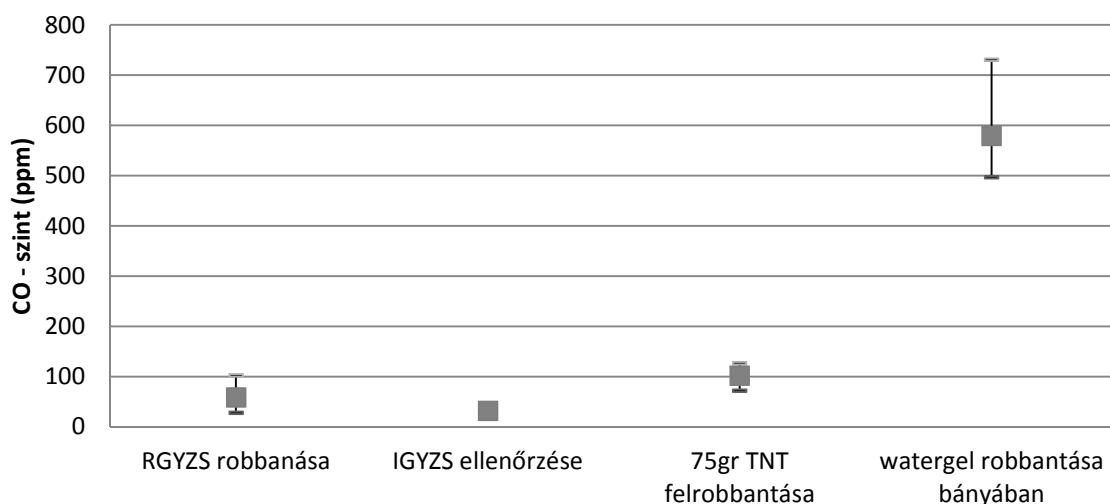
Szén-monoxid szint különböző típusú robbantások esetén a robbantást végzők légzési zónájában

Összehasonlításképpen a diagramon jelöltük a cigarettázáskor, illetve egy dízelüzemű teherautó kipufogója mellett mérhető értékeket



119. ábra Szén-monoxid szint különböző típusú robbantások esetén a robbantást végzők légzési zónájában (saját szerkesztésű diagram)

Szén-monoxid szint különböző típusú robbantások esetén a robbantás helyéhez közel kihelyezett mintavevővel mért értékek



120. ábra Szén-monoxid szint különböző típusú robbantások esetén a robbantás közelében (saját szerkesztésű diagram)

Az első összehasonlító diagramon a mért értékek a robbantást végző személyt érő expozíciót mutatják, az expozíciós idő nyílt területen 2–3 perctől 10 percig tart, míg zárt területen a felszabaduló gáz eloszlása a fél órát is meghaladhatja. A nyílt területen végzett robbantásoknál a szén-monoxid szint egyes esetekben igen rövid időre meghaladta a megengedett csúcskoncentrációt. A barlangi, tehát zárt térben végrehajtott robbantás során a robbanóanyag mennyisége a többi feladatéhoz képest minimális volt (1 kg), mégis csúcskoncentráció közeli értékeket mértünk. Érdekes összehasonlítani a cigarettafüst és a kipufogógáz által okozott szén-monoxid szinteket a robbantásnál mértekkel.

A második összehasonlító diagramon a robbantás közelében kihelyezett műszerrel mértük az értékeket, igen kis mennyiségű robbanóanyagok felhasználása esetén is jelentős értékeket mértünk, de zárt térben nagy mennyiségű watergel (ammónium-nitrát alapú!) felrobbantásakor ezen értékek többszöröse jelentkezett. A korábbi görbéken jól látszik a mérgező gáz koncentrációjának csökkenése a füstrevárási idő alatt, melyet minden esetben kötelező betartani.

III.3.4.2. MÉRGEZŐ GÁZOK EGYIDEJŰ MÉRÉSE TÖBBCSATORNÁS MŰSZERREL

A zajmérésnél leírt kísérleti robbanási túlnyomást szimuláló programunk közben lehetőségünk adódott egy többcsatornás Dräger multiwarm készülékkel egyidejűleg több típusú gáz légtér-koncentrációjának mérésére. Ennél az eszköznél azonban csak azonnali leolvasásra volt lehetőség, ezért a mért eredmények pillanatnyi értékek és csak a robbantási helyszín megközelítésekor, tehát gyakorlatilag a primer robbanási gázfelhő eloszlását követően voltak leolvashatók.

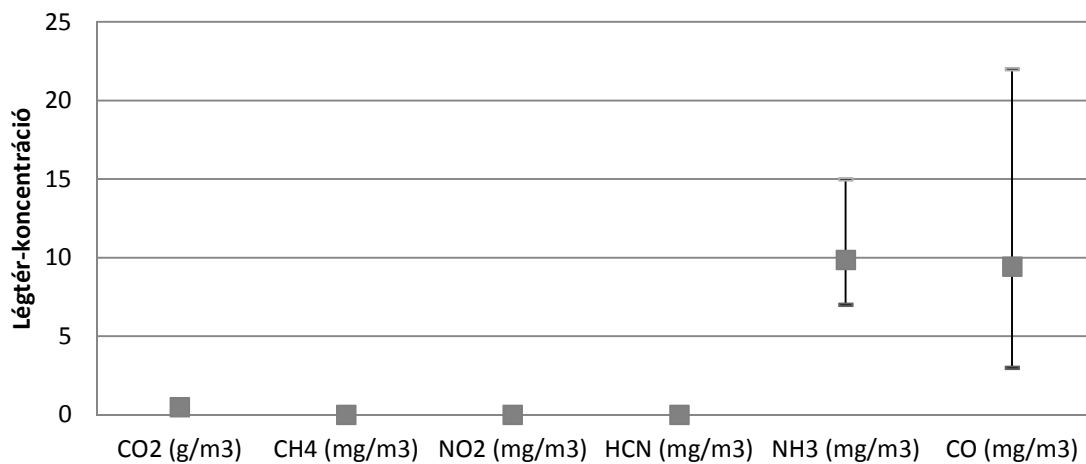


121. ábra Dräger multiwarm mérőműszer [7]

A robbantási sorozatokban különböző mennyiségű hexogénnel és TNT-vel töltött műanyag labdákat és ANDO–ÉV (ammónium-nitrát alapú emulziós robbanóanyag) töltényeket robbantottunk villamos gyújtással. A robbantási terület egy magas betonfallal körülvett kb. 15 m átmérőjű, felül nyitott építmény, nyílt térnek tekinthető. A mért gáztípusok CO₂, CH₄, HCN, NO₂, CO, NH₃ voltak.

Mérgező gázok légtér-koncentrációja

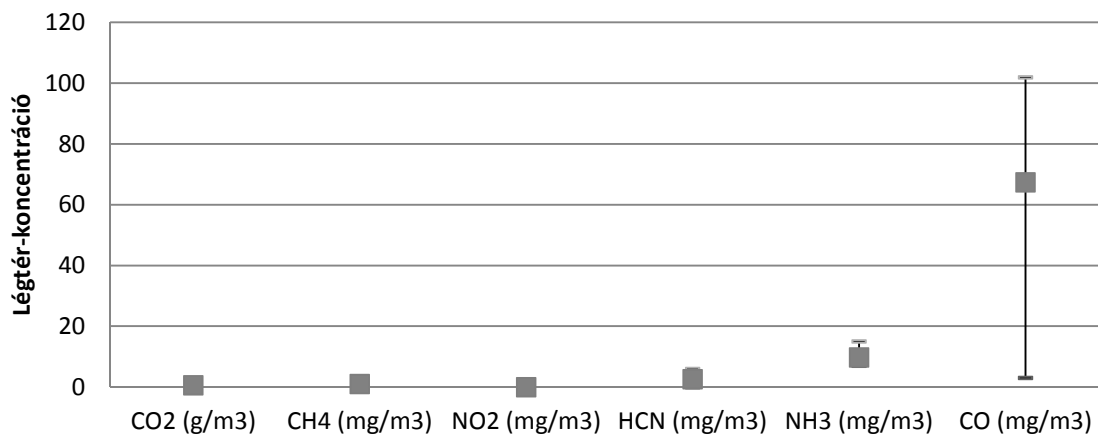
1 kg-os ANDO ÉV töltény felrobbantásakor



122. ábra 1 kg-os ANDO–ÉV töltetek robbantása során mért gázkoncentráció értékek (saját szerkesztésű diagram)

Mérgező gázok légtér-koncentrációja

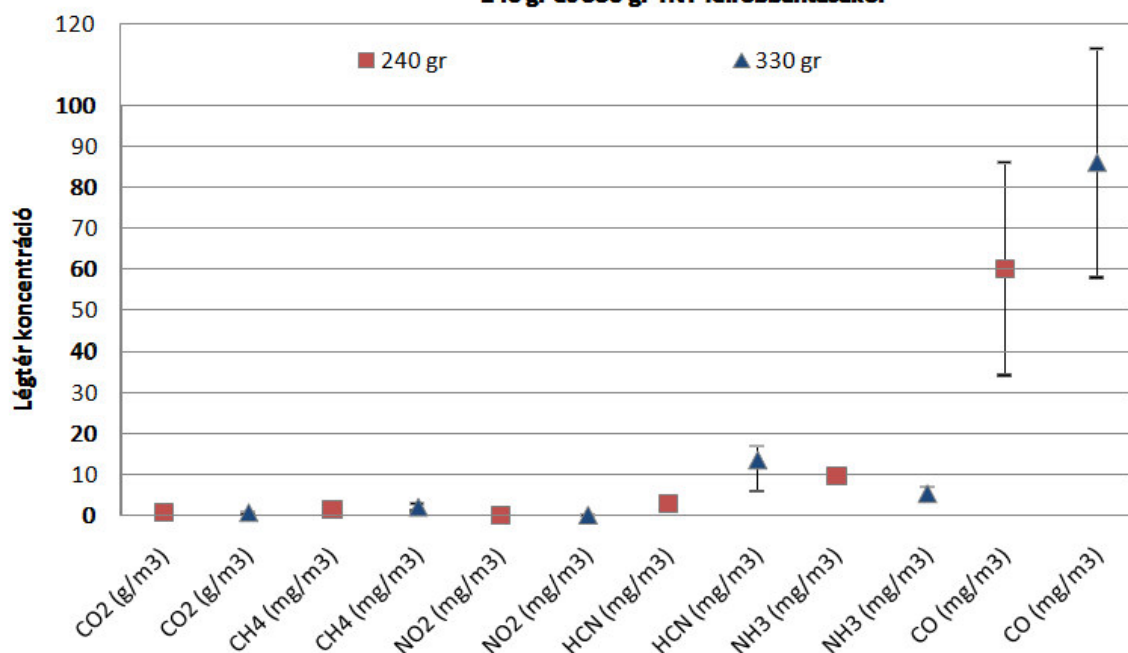
280 gr hexogén felrobbantásakor



123. ábra Hexogén töltetek robbantása során mért légtér-koncentrációk (saját szerkesztésű diagram)

Mérgező gázok légtér-koncentrációja

240 gr és 330 gr TNT felrobbantásakor



124. ábra Mérgező gázok légtér – koncentrációja 240 és 330 grammos töltet felrobbantása után (saját szerkesztésű diagram)

Az ábrákon megfigyelhető, hogy alapvetően minden robbanóanyag esetében a szén-monoxid jelenléte adhat okot aggodalomra, természetesen az oxigénegyenleg függvényében a TNT és a hexogén esetében kisebb robbanóanyag mennyiségénél is egy nagyságrenddel nagyobb értékeket mértünk, mint az ANDO–ÉV esetében.

III.3.4.3. A KAPOTT EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A kapott eredményeket a következő táblázattal hasonlítjuk össze.

51. táblázat A robbanási gázok jellemző tulajdonságai (saját szerkesztésű táblázat a vonatkozó rendelet alapján) [91]

| Megnevezés | Képlet | CAS-szám | AK-érték mg/m ³ | CK-érték mg/m ³ | MK-érték mg/m ³ | Jellemző tulajdonság/hivatkozás | |
|-----------------|-----------------|------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------|
| | | | | | | | |
| AMMÓNIA | NH ₃ | 7664-41-7 | 14 | 36 | – | m | I. |
| CIÁN-HIDROGÉN | HCN | 74-90-8 | 11 | 44 | – | b, i | II.1. |
| NITROGÉN-DIOXID | NO ₂ | 10102-44-0 | 9 | 9 | – | m | I. |
| SZÉN-MONOXID | CO | 630-08-0 | 33 | 66 | – | | II.1. |

- b: bőrön át is felszívódik. Az ÁK értékek a veszélyes anyagoknak ezt a tulajdonságát, illetve az ebből származó expozíciót csak a levegőben megengedett koncentrációjuk mértékének megfelelően veszik figyelembe;
- i: ingerlő anyag (izgatja a bőrt, nyálkahártyát, szemet);
- m: maró hatású anyag (felmarja a bőrt, nyálkahártyát, szemet).

Robbantások esetén az expozíciós idő rendkívül rövid, még zárt térben is általában 15–30 perc, ez természetesen függ a szellőztetés minőségétől is. A rövid behatási idő miatt az ÁK nem vehető figyelembe, mert az a 8 órás munkanap és a 40 órás munkahétre vonatkozik. Viszont az adott vegyi anyagok légtérben mért koncentrációja soha nem haladhatja meg a CK, illetve az MK értéket. Mivel esetünkben egyik sem rákkeltő, ezért a CK határozza meg a maximálisan elviselhető mérgező gáz koncentrációt.

A mért értékek alapján a robbanási gázok közül a szén-monoxid haladta meg a CK értéket, kimagaslóan magas értékeket észleltünk zárt térben, bányában végrehajtott robbantáskor kihelyezett mérőműszer esetén.

Szabad térben rövid (5 perc) szellőztetési időt követően biztonsággal megközelíthető a robbantási terület, a termelődött gázok eloszlanak, nem okozhatnak egészségkárosodást.

Zárt térben mindenképpen ki kell várni a megadott szellőztetési időt, mind az oxigénszintet, mind a szén-monoxid szintet ellenőrizni kell. Ha a megadott időn belül kell a területre bemenni, akkor egyéni légzésvédő eszköz használata kötelező.

III.3.5. MUNKAEGÉSZSÉGÜGYI VONATKOZÁSOK

Az irodalmi és kísérleti adatok is azt igazolták, hogy ma az iparban és a katonai gyakorlatban alkalmazott brizáns robbanóanyagok alkalmazása során keletkező mérgező gázok közül a szén-monoxid a legjelentősebb, a keletkező mennyiség, a fizikokémiai tulajdonságok, valamint az okozott egészségkárosodás miatt.

A szén-monoxid színtelen, szagtalan, az általa okozott tünetek alattomosan jelennek meg, de szerencsére idejében felfedezve a bajt, a mérgezés jól kezelhető.

A robbanásos sérültek esetében is gondolni kell a gázmérgezés lehetőségére. Egyrészt, amennyiben a sérült zárt helyen, esetleg eltemetve található, akkor a mentésben részt vevő erőket is veszélyeztetik a keletkezett mérgező gázok. Másrészt a sérült maga is mérgezett, ami tovább rontja az általában életveszélyes sérülések, főleg a tüdő sérülése miatti oxigénhiányos állapot és a traumás sokk okozta károsodást. Főleg improvizált robbanótestek robbanásakor kell mérgezésre gondolni, ahol feltételezhető a katonai robbanóanyagok alkalmazása.

Robbantómestereket, robbantási szakembereket, katonákat, rendőröket, tűzoltókat is veszélyeztethet a szén-monoxid mérgezés lehetősége, főleg zárt terekben, épületekben, barlangokban, bányákban történt robbantást követő munkavégzés során. Szerencsére van lehetőség a szén-monoxid gyors észlelésére, mérésére és a terület elhagyására veszély esetén.

Környezetvédelmi szempontból sem mindegy, hogy milyen robbanóanyagot alkalmazunk. Ha a feladat lehetővé teszi, kevésbé környezet és egészségkárosító, lehetőleg a „0”-hoz közelítő oxigénegyenlegű robbanóanyagot kell használni. Az utóbbi években a gyártók – szem előtt tartva ezt a szempontot – folyamatosan fejlesztik a robbanóanyagokat, egyre jobb minőségű és összetételű, főleg ammónium-nitrát alapú termékeket hoznak forgalomba.

A hatályos polgári és katonai robbantási utasítások megemlítik a robbanási gázok mérgező hatását, melyek az alábbiak szerint foglalhatók össze.

A civil robbantásokra vonatkozó ÁRBSZ előírása alapján (81. §):

„(1) Robbantás után a várakozási idő elteltével lehet a robbantás helyére visszamenni.”

„(3) A várakozási időt a robbantást végző mérni köteles.”

A földalatti térségre külön szakasz vonatkozik (85.§):

„(1) Védett helyként nem jelölhető ki

b) olyan hely, ahol a levegő mérgezőgáz – tartalma a robbantás következtében a megengedett érték fölé emelkedhet.

(3) A várakozási idő helyességét a robbantásvezető által meghatározott időközönként ellenőrizni kell. Az ellenőrzéskor – a megengedett legnagyobb robbanóanyag – mennyiség egyidejű robbantása mellett – a levegő mérgezőgáz – tartalmát méréssel kell meghatározni.”

[105]

A Magyar Honvédségnél jelenleg érvényben lévő Robbantási utasítás szerint:

396. pont Föld és sziklarobbantásnál az alábbi biztonsági rendszabályokat kell még betartani:





„- a robbantás következtében keletkezett tölcsérek azonnali megközelítése és felhasználása tilos, mert bennük meghatározott ideig mérgező hatású gázok maradhatnak vissza;

- a robbantással készített töltetüregekbe és töltethelyekre csak 30 perces kivárási idő letelte után szabad újabb töltetet elhelyezni. A robbantással készített töltetüregek és helyek ellenőrzését csak 5 perccel a robbanás után lehet végrehajtani, melynek során nyílt lángot használni szigorúan tilos!” [53]

A bányászatban mélyszíni fejtéseknél végrehajtott robbantások esetén, az omlasztás után általában 30 perces a füstrevárési idő a szellőző berendezések folyamatos működtetése mellett. A pontos várakozási idő meghatározást az MSZ 14-05031:1988 szabvány írja elő a bányatérsegekben a légáramlás sebességének, a légszatorna átmérőjének és hosszának ismeretében. [190] A barlangi robbantásokra sokszor mentési szituációban van szükség, ezért hosszú várakozási idő, vagy magas légtér-koncentrációk nem megengedhetők. Amennyiben felmerül, hogy az adott helyzetben (főleg bányában, barlangban mentés kapcsán) nem várható meg a kötelező szellőztetési idő, szükség lehet egyéni védőeszközökre is, melyek segítségével meg lehet akadályozni a mérgezés kialakulását.

A tűzvédelemben és a bányászatban alkalmazott kámzsás, szűrős önmentő légzésvédő készülékek füstből, szén-monoxidból és egyéb mérgező gázokból való személyi menekülésre szolgálnak és egyszeri használatra tervezettek. A panoráma teljesárcokhoz különböző védelmi képességű szűrőbetéteket lehet csatlakoztatni, ebben az esetben mindenképpen olyat kell választani, amely a szén-monoxid és a nitrogén-oxidok ellen is véd (CO – fekete sáv, NO – kék sáv a szűrőn). A szűrő típusú légzésvédő készülékek csak rövid ideig használhatók, akkor ha oxigén is jelen van a légtérben, ellenkező esetben független levegőellátással rendelkező (sűrített levegős) légzőkészüléket kell alkalmazni.

52. táblázat Légzésvédelem robbantás során (saját szerkesztésű táblázat)

| Tevékenység | Védőeszköz megnevezése | Védelmi kategória | Vizsgálati szabvány száma | Védelmi képesség jelzése | Példa |
|---|---|-------------------|--|---|----------------------|
| Robbantás utáni terep ellenőrzés | Egyszerhasználatos légzésvédő szűrőfélárc (Véd a porok ellen) | 3 | EN 149:2001 |  FFP2 | 3M 8810 |
| Zárt helyen, pl. épületekben történő robbantáskor, nincs idő kivárni a szellőzést | Panoráma teljesárc szűrőbetéttel | 3 | MSZ EN 136 EN 148 MSZ EN 141 MSZ EN 143 |  A2B2E2K 2 Hg NO CO P3 | 3M6800S |
| Bányászati robbantás, mélyszíni fejtésen, mentési szituációban | Önmentő készülék egy légmentesen nemesacél tartályba van csomagolva és az övön, vagy a vállszíjon hordható. Rövid idő alatt használatba vehető és a szükségletől függően elegendő oxigént biztosít. | 3 | MSZ EN 13794:2003 |  | SavOx |
| Zárt területen (bánya, barlang), ha nincs elegendő oxigén | Izolációs légzésvédelem (sűrített levegős légzőkészülék töltőautomatával) | 3 | EN 137:2006 |  | Drager légzőkészülék |



**125. ábra Panoráma teljesálarc
szűrőbetéttel [192]**



126. ábra Önálló légzőkészülék [192]

A katonai robbantásokkor (a töltetüregek képzését kivéve) és nyíltszíni fejtéseken várakozási idő nincs meghatározva, a robbanási gázfelhő szétoszlását követően lehet végrehajtani a robbantógödör ellenőrzését, eddig ezzel kapcsolatban a hazai katonai gyakorlatban egészségkárosodást nem jelentettek. A mérési eredményeket vizsgálva a felszíni robbantásoknál javasolt a várakozási idő szabályzatban történő meghatározása minimum 5 perc időtartamban és pontos mérése a feladat végrehajtásakor. Természetesen figyelembe kell venni a terepviszonyokat és az időjárási paramétereket (hőmérséklet, szél, eső) is.

Bár nem tartozik a robbanási gázok témakörébe, mégis meg kell említenem, hogy a robbanás során nagy mennyiségű por kerül a levegőbe, ez általában a robbanás helyszínétől függően inert vagy kvarc tartalmú por. A robbanás utáni rövid időtartamban a munkavállaló légzőszervei annyi porterhelést kapnak, amely szükségessé teszi egyéni védőeszköz alkalmazását, erre elegendő porok elleni szűrőfélálarc (FFP2).

További fontos szempont a biztonsági távolság betartása mind biztonságtechnikai, mind munkahigiénés szempontból, célszerű kihasználni a terepviszonyokat is, és természetesen a széllal szemben nem célszerű tartózkodni.

A szén-monoxid expozíció esetére meghatározott biológiai expozíciós mutató (karboxi-hemoglobin) alkalmazásának robbantási feladatok esetében csak akkor van értelme, ha a munkavállaló rendszeresen (akár naponta többször) zárt területen (főleg mélyszíni bányászaton) hajt végre robbantási feladatot.

A kémiai biztonság és a munkaegészségügy egyik alapelve a veszélyes anyagok helyettesítése, kiváltása kevésbé veszéllyessel. Megfontolandó a kedvezőtlenebb oxigénegyenlegű robbanóanyagok pl. TNT, SEMTEX keverékekben történő alkalmazása, vagy kiváltása pl. ammónium-nitráttal, NONEL-rendszer alkalmazása a robbanó gyújtózsín helyett, így csökkenthető a keletkező mérgező gázok mennyisége.

A fentiekén kívül elengedhetetlenül fontos minden munkavállaló felkészítése, oktatása a mérgezés tüneteire, minél korábbi felismerésére, valamint a mentés és elsősegélynyújtás kivitelezésére.

KÖVETKEZTETÉSEK

A fejezet első részében összefoglaltam a robbanás fizikai hatásait, a robbanási túlnyomást, repeszhatást, a hirtelen gyorsulást és lassulást, a hőhatást és kiegészítésként a kőzetekben és talajban kiváltott szeizmikus hatást, bár a többihez képest elhanyagolható az emberre gyakorolt hatása. A fizikai hatások alapján részletezésre kerültek az emberi szervezetben lejátszódó folyamatok és értékelésük.

Az elmúlt néhány évtizedben az emberi test védelmére a hadifelszerelés gyártók különös hangsúlyt fektettek. A 20. század háborúiban megsérült katonák adatainak elemzése során meghatározták azokat a kritikus testfelületeket, melyek védelme elsődleges, így a speciális katonai védőeszközök fejlesztésekor ezt is figyelembe vették. Forradalmi fejlődést jelentett a nagy szakítószilárdságú és energiaelnyelő képességű polimerek megjelenése.

A robbanásos sérülések jelenleg leghatékonyabb eszköze, a jelenleg a Magyar Honvédségnél alkalmazott EOD-9 nehéz tüzserész ruha. Értekezésemben bemutattam a jellemzőit és a védelmi képesség tesztelésére szolgáló vizsgálatokat. Természetesen nem hagyhatók figyelmen kívül a munkaegészségügyi szempontok sem, mivel azt a cél szolgálják, hogy a katona minél kevesebb megterhelést szenvedjen el a bombaruha használata közben, minél optimálisabban tudja kihasználni annak védelmét. A nehéz tüzserész védőruha okozta megterhelést és igénybevételt a jelenleg zajló kutatási programban tovább szándékozom vizsgálni.

Cél az alkalmazhatóság és a magasfokú védelem összehangolása. De ne feledjük: „Minden fenyegetettség ellen nincs védelem, de a nem viselt védőfelszerelés nem véd meg és nem ad esélyt a túlélésre.” [151] [152]

A fejezet második felében a robbanás okozta halláskárosodásról volt szó, melyet azért tárgyaltam külön, mert nemcsak a robbanásos sérülteket, hanem a robbantási feladatokat végrehajtó munkavállalókat is érintheti. A robbanást követő légnyomás emelkedés és impulzív zajhatás kombinált típusú halláscsökkenést okoz, amelynek mértéke alapvetően a légnyomásváltozás mértékétől függ. A károsodás vezetékes komponense a dobhártya repedésből és a hallócsont láncolat sérüléséből tevődik össze, amely spontán vagy műtét segítségével akár teljes mértékben meggyógyulhat, de a gyógyulás hosszú folyamat. Az idegi komponenst az impulzív zajhatás hozza létre, ez irreverzibilis elváltozás, akár sükettséghez is vezethet.

A robbantásos cselekmények (háborús, terrorista vagy baleset) sérültjeinek az irodalmi adatok szerint 9–47%-ánál derül fény dobhártya sérülésre, afganisztáni és iraki adatok alapján ez az érték 15–17%, de míg korábban főleg az 1.–2. súlyossági kategóriába tartoztak a sérültek, addig az utóbbi években a 4. kategóriába osztályozott sérültek aránya a legnagyobb. A sérülés súlyossága alapvetően befolyásolja a gyógyulási lehetőségeket, a maradandó egészségkárosodás kialakulásának esélyét. [110] [162]

Modellkísérletek segítségével bebizonyították, hogy a megfelelő hallásvédelem alkalmazásával tizedére csökkenthető a külső hallójáratban a robbanási túlnyomás és így a halláskárosodás veszélye. Egy fület modellezve a megfelelően alkalmazott hallásvédő fül dugó 190 kPa-ról 14 kPa-ra csökkentette a légnyomás-változást. [162]

A harmadik alfejezetben kielemeztem a robbantási feladatok során keletkező mérgező gázok összetételét, egészségkárosító hatásait és a megelőzés lehetőségeit. Az utóbbi években a robbanóanyagok fejlesztésekor már számításba veszik a minél tökéletesebb kémiai reakciók lejátszódásához szükséges feltételek kialakítását és az oxigénegyenleget, de ez nemcsak a munkavégző képesség javítása és a környezetvédelmi szempontok, hanem a foglalkozási mérgezések veszélye miatt is fontos.

A robbantási feladatok végrehajtásakor keletkező mérgező gázok közül a szén-monoxid a legjelentősebb a keletkező mennyiség és az általa okozott egészségkárosodás miatt. A helyzetet nehezíti, hogy érzékszerveinkkel nem ismerhető fel a jelenléte és széndioxiddá alakulása során a légtér oxigén mennyiségét is csökkenti.

Robbantómestereket, robbantási szakembereket, katonákat, rendőröket, tűzoltókat is veszélyeztethet a szén-monoxid mérgezés lehetősége, főleg zárt terekben, épületekben, barlangokban, bányákban történt robbantást követő munkavégzés során. Szerencsére van lehetőség a szén-monoxid gyors észlelésére, mérésére és a terület elhagyására, vagy megfelelő egyéni védőeszköz alkalmazására veszély esetén.

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

A KUTATÁSI TEVÉKENYSÉG ÖSSZEGZÉSE

Kutatási tevékenységem során ipari és katonai környezetben is lehetőségem adódott vizsgálatokat végezni a robbanóanyagokkal végzett tevékenységek és a robbantási feladatok közben felmerülő egészségügyi kockázatokkal kapcsolatban.

Tanulmányoztam a robbanóanyag keverési, kiszerezési, csomagolási folyamatot. Részt vettem bányászati, fémmegmunkálási robbantásokon, katonai robbantási kiképzéseken, valamint az MH 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Ezred csapatorvosaként több ezer darab kezelésre veszélyes robbanótest, lőszer, gyújtószerkezet, aknagránát, bomba megsemmisítésén.

Megfigyeléseim, mérési eredményeim és a tanulmányozott, főleg külföldi irodalmi adatok alapján meghatároztam azokat a preventív módszereket, melyekkel megelőzhetők a robbanóanyagok kezelése és a robbantások végrehajtása során potenciálisan előforduló egészségkárosodások.

A munkavállalók vizsgálati adatai alapján a robbanóanyag expozícióra utaló panasz, tünet vagy laboratóriumi eltérés a vizsgált időszakban, 2008–2013 között nem volt. Az általam javasolt munkaegészségügyi rendszabályok és alkalmazott egyéni védőeszközök megfelelőnek bizonyultak.

Az EOD–9 nehéz tűzszerész védőruha használata során is figyelembe kell venni azokat a munkahigiénés szempontokat, melyeket meghatároztam, mert munkahelyi baleset, vagy megbetegedés lehet a következménye elhanyagolásuknak. A bombaruha ergonómiai vizsgálata még kezdeti szakaszban van, de eredményeink felhasználhatóak lesznek a kiképzés során és a közeljövőben, az „EOD futás”⁷⁴-ban résztvevők kiválasztásakor.

A robbanás okozta dörejártalom nagyenergiájú zaj és légnyomás komponensekből áll, mérési eredményeim és az irodalmi adatok alapján az impulzus zaj frekvencia összetétele a mély hangok túlsúlyát mutatja, a robbantási feladattól függően igen nagy intenzitású, nem egy esetben a mérőműszerek méréshatárát is meghaladja. A robbanás okozta zajártalom megelőzésében elsődleges módszer a védőtávolságok betartása, mivel általában lehetőség van a távolság növelésére. Amennyiben a távolság megfelelő növelése nem lehetséges, egyéni

⁷⁴ EOD–futás: EOD–9 bombaruhában rendezett futóverseny.

védőeszközt kell alkalmazni, kifejezetten a mély hangokra és impulzus jellegű zajokra kifejlesztett fültokot, ha szükséges füldugóval együtt.

A robbanási gázok mennyisége és összetétele alapvetően az alkalmazott robbanóanyag oxigénegyenlegétől függ, de befolyásolja az iniciálás módja, fojtás, az esetleges tárolásból adódó károsodások. Főleg zárt térben, barlangokban, bányában, épületeken belül merül fel a mérgezés lehetősége, de számolni kell a robbantógödrökben is a mérgező gázok jelenlétével. A keletkező gázok közül legnagyobb jelentősége a szén-monoxidnak van a keletkező mennyiség és a fizikokémiai tulajdonságai, az alattomosan megjelenő tünetek miatt. Ha nem lehetséges a megfelelő védőtávolságot és szellőztetési időt betartani, lehetőség van a mérgezés megelőzésére egyéni védőeszközökkel.

A következő táblázatban osztályoztam a különböző robbanóanyagok kezelésével, robbantási tevékenységekkel kapcsolatos munkaköröket, kockázati csoportokat alakítottam ki, a csoportokhoz hozzárendeltem a kockázatértékelésre, alkalmassági vizsgálatokra, egyéni védőeszközökre vonatkozó ajánlásaimat.

53. táblázat Kockázati csoportok a robbantástechnikában (saját szerkesztésű táblázat)

| Kockázati csoport | Alacsony | Közepes | Magas | Nagyon magas |
|---|---|--|---|---|
| Munkakör Tevékenység | – kiképzendő személyi állomány – robbanóanyag szállítás | – műszaki kiképző – robbantásra szakosodott műszaki specialista | – robbantásvezető – robbantómester – tűzserész – robbanóanyag raktáros – robbanóanyag laboratóriumi bevizsgálása ⁷⁵ | – gyártás – csomagolás – robbanóanyag kikaparása, kiolvasztása robbanótestből – havaria |
| Expozíció gyakorisága | évente – havi rendszerességgel | havi – heti rendszerességgel | heti – napi rendszerességgel | napi egyes helyzetekben az eseti munkavégzésre is vonatkozik |
| Expozíció útja | bőr | bőr | bőr | bőr légúti |
| Kockázatértékelés | + (tevékenységre) | + (tevékenységre) | + (munkakörre) | + (munkakörre) |
| Légtér koncentráció mérése | – | – | – | + |
| Higiénés intézkedések | + | + | + | + |
| Egyéni védőeszközök fejvédelem szemvédelem légzésvédelem testvédelem kézvédelem lábvédelem | + (szállításnál –) 1. változat – 1. változat 1. változat + | + 1. változat – 1. változat 1. változat + | + (raktározásnál –) 1. – 2. változat – 1. változat 1. – 2. változat + | + 2. változat + 2. – 3. változat 2. – 3. változat + |
| Alkalmassági vizsgálatok előzetes időszakos soron kívüli/ expozíció gyanúja esetén záró | – – + – | + 2 évente + – | + évente + + | + félévente + + |

54. táblázat Ajánlott egyéni védőeszközök (saját szerkesztésű táblázat, részletesebben a vonatkozó alfejezetekben megtalálhatók)

| | 1. változat | 2. változat | 3. változat |
|-------------|------------------------------|---|---------------------------------|
| Szemvédelem | Polikarbonát védőszemüveg | Zárt acetát védőszemüveg | |
| Testvédelem | Antisztatikus védőruházat | Porok és fröccsenő vegyszerek elleni antisztatikus védőruházat | Vegyszerálló védőruházat |
| Kézvédelem | Mechanikai védőkesztyű | Nitril védőkesztyű | Fluoroelasztomer védőkesztyű |

⁷⁵ A laboratóriumi munkánál minimális mennyiségekkel dolgoznak, viszont a halmazállapot (por, melegítés kapcsán gőz) nagyobb az esélye a légúti expozíciónak, de a munkafolyamat jellegéből adódóan lehetőség van műszaki megoldásokkal védekezni pl. elszívófülke.

Robbantástechnikában dolgozók alkalmassági vizsgálatainak szempontjai:

A) Előzetes alkalmassági vizsgálat

Anamnézis: a munkavállaló előzetes vizsgálatakor részletes kikérdezésre kerül sor egészségi állapotának felmérésekor. Családi anamnézisében mindenképp kérdezzünk rá öröklődő vérképzőrendszeri betegségekre (sarlósejtes vérszegénység, glukóz-6-foszfát dehidrogenáz hiány), ilyenkor a munkavállaló érzékenyebb lehet a methemoglobin képzésre. Foglalkozási anamnézis során főleg a vegyi anyagok, robbanóanyagok okozta expozíció és a zajban töltött évek a legfontosabb kérdések. Korábbi és jelenlegi betegségek esetén kizáró, korlátozó okok lehetnek a vérképzőrendszeri, máj, idegrendszeri megbetegedések, vegyi anyag allergia, szenvedélybetegségek, természetesen mérlegeljük a kockázati csoportok alapján az alkalmasságot. Az alkalmazott gyógyszerek, de még a gyógyhatású készítmények is befolyásolhatják a máj regeneráló képességét, vagy magának a gyógyszernek a lebomlása változik meg, egyes készítmények mellett semmiképp nem lehet alkalmas a munkavállaló, ha a munka során TNT-t kell alkalmazni, ilyen a methotrexat, az izoniacid vagy a kumarinok.

Fizikális vizsgálat során az általános vizsgálaton túl fordítsunk kiemeltebb figyelmet a célszervek vizsgálatára, máj, idegrendszer, vérszegénység jelei. Bár nem szorosan a témához kapcsolódik, de figyelembe kell venni, hogy a robbantás általában terepen végzett nehéz fizikai munka, ezért a munkavállaló rendelkezzen megfelelő fizikummal, de ez természetesen a munkakörtől is függ.

Laborvizsgálatok: teljes vérkép, reticulocytaszám, májfunkciós vizsgálatok (SGOT, GGT, ALP), a vizelet mikroszkópos vizsgálata és fogamzóképes korú nőknél a terhességi teszt fontos. Terhes, nemrégén szült nők az úgynevezett sérülékeny csoportba tartoznak, robbanóanyagokkal nem dolgozhatnak. Pozitív családi anamnézis esetén glukóz-6-foszfát-dehidrogenáz meghatározást kell végezni.

Hallásvizsgálat a vonatkozó jogszabály⁷⁶ alapján a legtöbb robbantással foglalkozó munkahelyen nem szükséges, mivel a 8 órára vonatkoztatott zajexpozíció nem haladja meg az alsó beavatkozási határértéket. A későbbi félreértések elkerülése végett célszerű mégis egy alap audiológiai vizsgálatot végezni.

⁷⁶ 66/2005 (XII. 22.) EüM rendelet a munkavállalókat érő zajexpozícióra vonatkozó minimális egészségi és biztonsági követelményekről.

B) Időszakos alkalmassági vizsgálat

A vizsgálat menete hasonló az előzeteshez, viszont hallásvizsgálat csak panasz esetén kell. Mindenképp kérdezzünk rá az esetleges robbanóanyag expozíció lehetőségére és a védőeszköz viselési szokásokra.

Munkából való kivétel szükséges a hemoglobín, illetve hematokrit-szint csökkenése, a reticulocytaszám emelkedése, a robbanóanyaggal érintkező bőr allergiás elváltozásai, sárga elszíneződése, kontakt bőrgyulladás esetén, szignifikáns májenzim emelkedéskor, vagy bármely más robbanóanyag mérgezésre utaló panasz, tünet esetén. Az ideiglenes alkalmatlanság a panaszok múltásáig, a laborértékek normalizálásáig tart.

Biológiai expozíciós mutató mérésére van lehetőség szén-monoxid expozíció esetén. A robbantástechnikában csak olyan esetekben tartom szükségesnek, ha nagy mennyiségű robbanóanyaggal, rendszeresen végez a munkavállaló robbantásokat zárt térben és a mért szén-monoxid koncentráció indokolja. A BEM-et a vérből mutatjuk ki, karboxi-hemoglobín mérését műszak után kell végrehajtani, 5%-ig elfogadható az értéke.

Az időszakos vizsgálatok gyakoriságát befolyásolhatják más szempontok is, pl. a balesetveszélyes munkaköri korcsoportok, természetesen ilyenkor össze lehet a vizsgálatokat hangolni és a szigorúbb gyakoriságot kell figyelembe venni.

C) Posztexpozíciós vizsgálat

Az expozíciót követő 24 órán belül kell végrehajtani ahhoz, hogy ez megvalósulhasson, a munkavállalókat ki kell oktatni a mérgezés jeleire, tüneteire. Vérvizsgálat, májfunkció és teljes vizeletvizsgálat mindenképpen szükséges. A munkavállaló egészségügyi dokumentációjában rögzíteni kell az expozíció módját, körülményeit, a tüneteket, vizsgálati eredményeket. Az expozíció mértékétől függően kórházi kezelésre is szükség lehet.

Akut akusztikus trauma, dörejártalom esetén hallásvizsgálat és részletes fülészeti kivizsgálás szükséges, amelyet fél év múlva meg kell ismételni.

Amennyiben foglalkozási betegség, mérgezés alakult ki, az eset bejelentendő, még gyanú esetén is, az esemény helye (civil, katonai) szerinti illetékes hatóságnak.

D) Záróvizsgálat

Célunk, hogy dokumentáljuk a munkavállaló állapotát a munkahelyről való távozásakor. Ez magába foglalja az általános anamnézis-felvételt és fizikális vizsgálatot, az időszakos vizsgálatnál említett laborvizsgálatokat, és ha szükséges a hallásvizsgálatot is.

Robbantási feladatok végrehajtásának egészségvédelmi szabályai

A) Általános szabályok

- helyszínen csak a végrehajtáshoz szükséges minimális létszámú, a robbantási feladatra kiképzett, arra feljogosított személy lehet jelen;
- a robbantástechnikai balesetvédelmi rendszabályok maradéktalan betartása;
- a végrehajtás helyén étkezni, inni, dohányozni tilos, dohányzás csak a kijelölt helyen engedélyezett;
- a végrehajtás előtt be kell gyakorolni a balesetveszélyes, kritikus mozdulatokat, tevékenységeket;
- csak munkára alkalmas, pihent és alkoholtól, kábító- ill. psichoaktív szerektől nem befolyásolt állapotban hajtható végre robbantási feladat.

B) Robbantás előkészítése során betartandó szabályok

- amennyiben felmerül, hogy a robbanóanyag a légtérbe jut, a légtér-koncentráció mérését végre kell hajtani, ennek megfelelően kell az intézkedési stratégiát kidolgozni elszívás, egyéni védőeszközök tekintetében;
- az előre kisserelt és csomagolt robbanóanyagot (pl. TNT préstest), gyutacsot megbontani tilos;
- a robbanóanyagok vágására, formázására csak az arra rendszeresített eszközöket lehet használni, amelyet használat után karbantartva, megtisztítva kell eltenni;
- a robbanóanyagok kissereléséhez és kezeléséhez az előírt egyéni védőeszközöket, védőkesztyűt kell alkalmazni;
- a munkavégzés helyén enni, inni, dohányozni tilos, ezen tevékenységek elkülönített helyen, alapos kézmosás után végezhető, mosdó használata előtt szintén alapos kézmosás szükséges, a kéztisztítás után bőrvédő készítmény alkalmazása javasolt;
- robbanóanyaggal szennyezett munkaruhát hazavinni tilos;
- a kiszóródott robbanóanyagot veszélyes hulladékként kell kezelni;
- bőrön, főleg a kezeken lévő sérülések esetén, csak azok ellátása, védelme után dolgozhatnak, mivel a sérült bőrön a vegyi anyagok gyorsabban és nagyobb mértékben felszívódhatnak.

C) Robbantás végrehajtása során betartandó szabályok:

- a biztonsági távolság betartása kötelező;
- a robbantás irányába minél kevesebb testfelületet mutasson a robbantást végző;
- amennyiben lehetséges, megfelelő szilárdságú és nagyságú fedezék alkalmazása javasolt;
- az előírt egyéni védőeszközök viselése (védősisak, védőszemüveg, fültok) kötelező;
- robbantás közben javasolt a szájat nyitva tartani a fülben lévő nyomás kiegyenlítése miatt;
- figyelni kell a repeszek hangját és becsapódását.

D) Robbantás után:

- nyílt térben a robbantási területet robbanási gázfelhő teljes eloszlását követően, de minimum 5 perc várakozási idő után lehet megközelíteni;
- zárt térben a várakozási időt meg kell növelni, vagy szellőztetni kell, a szén-monoxid szintet szükség esetén méréssel is ellenőrizni kell;
- amennyiben a várakozási időt nem lehet megvárni vagy szűk térben történik a robbantás, légzésvédő használata kötelező.

E) Elsősegélynyújtás:

- minden munkahelyen kötelező megfelelő képzettséggel rendelkező elsősegélynyújtó személy és felszerelés folyamatos jelenléte, robbantási kiképzés esetén legalább emelt szintű első szaksegély és sebesültszállító gépjármű szükséges;
- robbanóanyaggal szennyezett sérüléseket alaposan ki kell tisztítani és steril kötszerrel kell befedni, nagy kiterjedésű, mély, szakított, roncsolt sérülés esetén orvosi ellátás szükséges;
- robbanóanyag por vagy robbanási gáz belégzése esetén a sérültet friss levegőre kell vinni, nyugalomba kell helyezni és orvosi ellátásban kell részesíteni;
- a robbanóanyag bőrre kerülése esetén a szennyezett ruházatot el kell távolítani, vízzel le kell öblíteni, majd szappannal le kell mosni a bőrt, panasz esetén orvosi ellátás szükséges;
- robbanóanyag szembe jutása esetén bőséges vízzel ki kell öblíteni, kontaktlencsét el kell távolítani (ha könnyen lehet), azután a sérültet orvoshoz kell vinni;
- robbanóanyag lenyelése esetén a szájat ki kell öblíteni, eszméleténél lévő sérültet hánytatni kell, nyugalomba kell helyezni és orvosi ellátásban kell részesíteni;

- dobhártya sérülés gyanúja esetén a sérültet orvoshoz kell vinni;
- elsősegély nyújtáskor az ellátó viseljen védőkesztyűt.

ÖSSZEFOGLALÓ VÉGKÖVETKEZTETÉSEK

Témavezetőm, Dr. Kóródi Gyula szavaival kezdeném:

„A hadtudományt művelő orvos szakterületének újító módszereivel járulhat hozzá esküjében foglaltakhoz, az emberélet mind hatékonyabb védelméhez.” [193]

A betegségek, főleg a foglalkozási betegségek leghatékonyabb „kezelése” a megelőzés. A mai jogszabályi környezet megköveteli, fejlett ipari lehetőségek, megfelelő védőeszközök alkalmazása és néhány alapvető munkahigiénés rendszabály betartása lehetővé is teszi, hogy foglalkozási mérgezés robbanóanyagok kezelése közben ne fordulhasson elő. A robbantás – technikában alkalmazott primer prevenciók módszerek lényege magának a kóroki tényezőknek a kiküszöbölése, vagy legalább az elfogadható szintre csökkentése.

A robbanóanyagok gyártása, kiszerezése, csomagolása, szállítása és felhasználása során fennáll a foglalkozási expozíció veszélye, de ezt az általam kidolgozott munkahigiénés szabályok betartásával és egyéni védőeszközök alkalmazásával megelőzhető. Ugyanez igaz a robbanás okozta akut akusztikus trauma és dörejártalom, illetve a robbanási gázok okozta mérgezések esetében is.

A robbanásos sérülések megelőzésére kidolgozott módszerek, egyéni védőfelszerelés, az EOD-9 nehéz tűzszerész védőruha sajnos abszolút védelmet nem jelent, de a sérülések súlyosságát, kiterjedését csökkenti, esélyt ad a túlélésre. Alkalmazásuk igen nagy megterhelést és igénybevételt jelent a védőeszközt alkalmazó tűzszerészeknek. Ez a megterhelés csökkenthető az általam javasolt intézkedések betartásával. A bombaruha okozta ergonómiai terhelés vizsgálata jelenleg is folyamatban van.

A jelenleg hatályos civil jogszabály, az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat (ÁRBSZ) és a katonai robbantásokkal foglalkozó Mű/213. Robbantási Utasítás főleg biztonságtechnikai szempontból foglalkozik a munkavállalók védelmével, a robbanási gázok jelenlétére utal, de pontos utasításokat még ezzel kapcsolatban sem tartalmaz, egyedül a biztonsági távolságokat határozza meg.

Az alkalmassági vizsgálatok tekintetében a civil ajánlások és a katonai jogszabály (tűzszerészek és aknakutatók esetében rendelkezik részletesen) is inkább a robbantási tevékenység végrehajtásának egészségi alkalmassági követelményeivel foglalkozik (látás, hallás, kezek épsége), de nem veszi figyelembe a robbanóanyagok okozta

egészségkárosodások lehetőségét, ezekre az anyagokra biológiai expozíciós mutatók sincsenek előírva.

Igazoltam hipotézisemet, mely szerint a hazai ipari és katonai robbantástechnikában nem kapnak megfelelő hangsúlyt a robbantás és a robbanóanyagokkal való tevékenységek munkaegészségügyi vonatkozásai sem az oktatás, kiképzés során, sem a végrehajtáskor. A jelenleg hatályos szabályzók csak nagyon általánosan megfogalmazva vagy csak egy – egy helyzetet kiragadva tartalmazznak utalásokat a munkavállalók egészségének védelmére.

A kiképzés, oktatás és a végrehajtás során abban az esetben veszik figyelembe a munkahigiénés szempontokat, ha az illetékes munkavédelmi és munkaegészségügyi szakemberek akár külföldi szakirodalomból, nehezen megszerezhető forrásokból információkat szerez és érvényesíti azokat. Remélem, nagy segítséget nyújt nekik az értekezésem.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Hazai vonatkozásban elsőként dolgoztam fel és saját tapasztalataimmal összevetve értékeltem a robbanóanyagok alkalmazott toxikológiai problémakörét.
2. Kidolgoztam a robbanóanyagokkal való tevékenységek közben betartandó munkaegészségügyi szabályok komplett rendszerét, mellyel hatékonyabban előzhető meg a foglalkozási betegségek.
3. Meghatároztam a különböző robbantási tevékenységek során a robbantást végző személyt érő robbanási gázok okozta expozíciót, valamint a robbanás következtében fellépő impulzus zaj mértékét és ajánlásokat dolgoztam ki ezek megelőzésére.
4. Összefoglaltam a robbanási sérülések jellegzetességeit, ez alapján elemeztem a jelenleg leghatékonyabb katonai védőeszköz, az EOD-9 nehéz tűzszerész védőruha védelmi képességeit.
5. Kidolgoztam azokat a munkaegészségügyi módszereket, melyeket alkalmazva csökkenthető a munkavállalót érő az EOD-9 nehéz tűzszerész védőruha okozta megterhelés és igénybevétel, valamint optimalizálható a védőeszköz védelmi képessége.
6. Kidolgoztam egy módszertani útmutatót, amely kockázati csoportokba sorolja a robbantástechnikában dolgozó munkavállalókat, ezek alapján meghatározhatók a szükséges alkalmassági vizsgálatok, az egyéni védőeszközök és a munkaegészségügyi teendők, intézkedések.

AJÁNLÁSOK

Értekezésem felhasználható a témában érintett munkaegészségügyi szakemberek (foglalkozás-orvosok és munkahigiénikusok), illetve munkavédelmi szakemberek napi munkájában a robbantástechnikával, robbanóanyag gyártással, felhasználással kapcsolatos tevékenységek és munkakörök kockázatértékeléséhez és egyéni védőeszköz kiválasztásához.

A vizsgált terület a hazai robbantástechnikában dolgozó civil és katona szakemberek képzésében nem kap kellő hangsúlyt, ugyanakkor a robbantás és a robbanóanyagok káros hatásainak mindennap ki vannak téve. Remélem az ő számukra is hasznos segítséget nyújt a munkavégzésük során és a következő „robbantó” generáció nevelésükor.

Őszintén bízom abban, hogy az általam kidolgozott egészségvédelmi célú intézkedések hamarosan megfelelő jogszabályi, doktrinális környezetbe kerülhetnek. A Magyar Honvédségben 2012-ben kiadásra került Mű 224/18 Nyílászáró robbantási szakutasítás már mellékletként tartalmazza a robbanóanyagok és a robbanás emberi szervezetre gyakorolt hatásait, a megelőzés lehetőségeit.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt szeretnék köszönetet mondani alakulatom, az MH 1.Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Ezred korábbi és jelenlegi parancsnokának, akik lehetővé tették, hogy a PhD képzésen részt vegyek és mindazon kollégáimnak, akik segítségemre voltak a kutatómunkában, illetve, hogy ez az értekezés elkészülhessen.

Kutatómunkám során végig segítségemre volt a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Karának Műszaki Szakcsoportja, kiemelném Lukács László Professor Úr szerepét, aki nélkül az értekezés nem születhetett volna meg.

Szeretném köszönetemet kifejezni a Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Honvéd Közegészségügyi és Járványügyi Intézet korábbi és jelenlegi állományának, Nagy Zsuzsannának, Filyó Krisztinának és Gúth Gábornak, akik a munkahigiénés mérések végrehajtásában segítettek. Kugyela Lóránd és Kuris Gabriella robbantásvezetőknek hasznos szakmai tanácsaikért és közreműködésükért.

Külön köszönet Balázs Istvánné, Erikának, aki a legnehezebb pillanatokban is tartotta bennem a lelket és segített az adminisztrációban.

Végül szeretném köszönetemet kifejezni családomnak és barátaimnak a támogatásukért.

TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

Lektorált folyóiratban megjelent publikációk

1. **Hernád Mária: Robbanóanyagok toxikológiája I. – TNT** (Műszaki Katonai Közlöny 2007 /1–4. összevont szám, ISSN 1219–4166 pp. 191–198.)
2. **Hernád Mária: Robbanóanyagok toxikológiája II. – RDX, PETN** (Műszaki Katonai Közlöny 2008/1–4. összevont szám, ISSN 1219–4166 pp. 41–51.)
3. **Hernád Mária: A robbanás fizikai hatásai és az élőerő védelmének lehetőségei** (Hadmérnök IV. Évfolyam 3. szám – 2009. szeptember, ISSN 1788–1919, http://www.hadmernok.hu/2009_3_hernad.php)
4. **Hernád Mária: Robbanóanyagok munkaegészségügyi vonatkozásai** (Műszaki Katonai Közlöny 2009 /1–4. összevont szám, ISSN 1219–4166 pp. 139–152.)
5. **Hernád Mária: Sugárvédelmi feladatok az XRS–3 csomagátvizsgáló röntgenberendezés kapcsán** (Műszaki Katonai Közlöny 2009/1–4. összevont szám, ISSN 1219–4166 pp. 153–170.)
6. **Hernád Mária: CBRN fenyegetettség tűzszerész feladatok végrehajtásakor** (Műszaki Katonai Közlöny 2009 /1–4. összevont szám, ISSN 1219–4166 pp. 171–194.)
7. **Hernád Mária: Nagynyomású vízvágó okozta sérülések jelentősége** (Műszaki Katonai Közlöny 2010 /1–4. összevont szám, ISSN 1219–4166 pp. 327–332.)
8. **Hernád Mária: EOD feladatok végrehajtásakor előforduló munkaegészségügyi kockázatok** (Műszaki Katonai Közlöny 2010 /1–4. összevont szám, ISSN 1219–4166 pp. 309–326.)
9. **Hernád Mária – Kugyela Lóránd: Szén-monoxid mérgezés veszélye a robbantástechnikában** (Műszaki Katonai Közlöny 2011 /1–4. összevont szám, ISSN 1219–4166 pp. 109–124.)
10. **Hernád Mária: Ipari robbanóanyagok toxikológiája** (Műszaki Katonai Közlöny 2013/ 2. szám, ISSN 1219–4166 http://hkk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/pdf2013_2/osszesen2013-2.pdf)

Idegen nyelvű kiadványban megjelent cikkek

1. **Mária Hernád – Lóránd Kugyela: Risk of carbon monoxide intoxication in explosions** (Hadmérnök VII. évfolyam 2. szám, 2012. június, ISSN 1788–1919, http://www.hadmernok.hu/2012_2_hernad_kugyela.php)
2. **Mária Hernád: Pathophysiology of blasting injuries** (Műszaki Katonai Közlöny 2013/2. Szám, ISSN 1219–4166, http://hkk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/pdf2013_2/osszesen2013-2.pdf)

Konferencia kiadványban megjelent előadás

1. **Hernád Mária: Robbanóanyagok mérgező hatása az emberi szervezetre** (Vth International Symposium on Defence Technology 21–22 April 2008 Budapest, CD–ROM ISSN 1416–1443.)
2. **Hernád Mária: Robbanóanyagok felhasználásának munkaegészségügyi vonatkozásai** (Fúrás–robbantástechnika 2008. Nemzetközi Konferencia Vác 2008. szeptember 16–18., pp.84–94, HU ISSN 1788–5671.)
3. **Hernád Mária: Az IED elleni tevékenység munkaegészségügyi vonatkozásai** (Repüléstudományi Konferencia, 2009. április 24. Szolnok HU ISSN 1789–770X, http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2009_cikkek/Hernad_Maria.pdf)
4. **Maria Hernad: Výbušniny a pracovná zdravotná služba** *Robbanóanyagok munkaegészségügyi vonatkozásai* (Blasting Techniques 2009. Nemzetközi Konferencia kiadvány ISBN 978–80–968748–9–7, pp. 162–168, szlovák nyelvű.)
5. **Maria Hernad: The protection of soldier against the blasting overpressure** *A katona védelme a robbanási túlnyomással szemben* (New Challenges in the field of the Military Sciences 2009, november 18–19., CD–ROM ISBN 978–963–87706–4–6.)
6. **Hernád Mária: Robbanási túlnyomás okozta sérülések jellegzetességei** (VIth International Symposium on Defence Technology 6–7 May 2010. Budapest, CD–ROM ISSN 1416–1443.)
7. **Maria Hernad: Charakteristika zraneni, ktoré vznikali pôsobenim tlakovej vlny pri výbuchu** *Robbanási túlnyomás okozta sérülések jellegzetességei* (Blasting Techniques

2010. Nemzetközi Konferencia kiadvány ISBN 978–80–970265–2–3 pp. 231–237, szlovák nyelvű.)
- 8. Hernád Mária: Tűzserész feladatok végrehajtása során előforduló egészségügyi kockázatok** (Fúrás–robbantástechnika 2010. Nemzetközi Konferencia Balatonkenese 2010. szeptember 8–10., pp. 94–107, HU ISSN 1788–5671.)
- 9. Hernád Mária: A tűzserészek által használt röntgenberendezésekkel kapcsolatos sugárvédelmi feladatok** (New Challenges in the Field of Military Sciences Budapest, 2010. szeptember 28–30., CD–ROM ISBN 978–963–87706–6–0.)
- 10. Hernád Mária – Bártfai Beáta: Repülőtereken végrehajtott tűzserész feladatok egészségügyi biztosítási kérdései** (Repüléstudományi Konferencia, 2011. április 15. Szolnok HU ISSN 1789 – 770X.)
- 11. Maria Hernad: Škodlivé plyny vznikajúce pri trhavých prácach** *Robbantáskor keletkező mérgező gázok egészségkárosító hatásai* (Blasting Techniques 2011. Nemzetközi Konferencia Kiadvány ISBN 978–80–970265–3–0 pp. 130–138. szlovák nyelvű.)
- 12. Hernád Mária: Repesz sérülések jelentősége és megelőzésének lehetőségei** (Fúrás–robbantástechnika 2012. Nemzetközi Konferencia Balatonkenese 2012. szeptember 19–21., pp. 203–215, HU ISSN 1788–5671.)
Másodközlés: Műszaki Katonai Közlöny 2012. különszám, pp.73–86, ISSN 2063–4986;
Internet: <http://hhk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/pdfanyagok2012kulonszam/18%20teljesszam.pdf>.
- 13. Maria Hernad: Mechanism and classification of blasting injuries** *Robbanásos sérülések mechanizmusa és osztályozása* International Conference on Military Technologies–ICMT 2013, Brno ISBN 978–80–7231–917–6. pp. 525–532 angol nyelvű.)

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Lukács László: Aknahelyzet Horvátországban és Bosznia-Hercegovinában, Új Honvédségi Szemle 1999/1., pp. 37–49.
- [2] Lukács László Bombafenyegetés – A robbanóanyagok története, Repüléstudományi közlemények on-line kiadvány, 2012 különszám,
http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/32_Lukacs_Laszlo_Roag_totenet_e.pdf Letöltés ideje: 2013.01.21.15:20.
- [3] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2010 pp.57-76.
- [4] A jugoszláv aknák rövid ismertetése, <http://htka.hu/2012/03/27/a-jugoszlav-aknak-rovid-ismertetese-1-resz/> Letöltés ideje: 2013.09.12. 16:20.
- [5] Internet: <http://index.hu/bulvar/bombaz0726/> Letöltés ideje: 2012.08.24.12:33.
- [6] Az MH 1.Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Ezred archivumából származó kép.
- [7] Saját készítésű kép.
- [8] Kovács Tibor: Föld és sziklás kőzetek robbantása, Műszaki Katonai Közlöny, 1993/4. szám pp.19–33.
- [9] Daruka Norbert: A jeges árvíz elleni védekezés lehetőségei hazánk belvizein, szakdolgozat, ZMNE, 2009. pp.76./ 42.old.
- [10] Kovács Zoltán: Robbantási munkák az ár- és jégvédekezés során Műszaki Katonai Közlöny, 2010/ 1-4 szám pp.159–173.
- [11] Zsóri Ferenc: Ár- és jégvédekezési robbantások a katonai gyakorlatban, NKE, Diplomadolgozat, 2013 p.83.
- [12] Szabó Sándor: Speciális Műszaki Technikai Eszközök és Felszerelések Alkalmazási Lehetőségei a Katasztrófavédelemben, MHTT pályamunka, 2008.
- [13] Mű 224/18 Nyílászáró robbantási szakutasítás, Magyar Honvédség, 2012 p. 256.
- [14] Bohus Géza, Horváth László, Papp József: Ipari robbantástechnika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983 p. 359.
- [15] Internet: www.betonopus.hu/notesz/kojovesztes.ppt Letöltés ideje: 2012.08.21. 13:32.
- [16] Kovács-Coskun,T. Völgyi, B. Sikari-Nágl I.: Robbantásos plattírozású fémlemezek

- szerkezetének vizsgálati lehetőségei, Műszaki Katonai Közlöny, 2012. különszám pp.140–144.
- [17] Lukács László, Szalay András, Zádor István: Robbantásos fémátalakítás és a repüléstechnika, Repüléstudományi Közlemények on-line kiadvány, 2012. különszám,
http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/33_Lukacs_Laszlo_Robbantatos_femalakitas.pdf . Letöltés ideje: 2013.08.26. 12:30.
- [18] Korom Dániel Péter: Csőátalakítás robbantással,
http://eda.eme.ro/bitstream/handle/10598/26832/18_FMTU2013_KoromDanielPeter_192-196old.pdf?sequence=1 Letöltés ideje: 2013.09.12.18:12.
- [19] Lukács László: Robbantás a mezőgazdaságban, Műszaki Katonai Közlöny, 2002/3–4 szám pp. 89–94.
- [20] Daruka Norbert: Veszélyes épületszerkezetek robbantásos eljárással történő eltávolításának követelményei, módszerei, biztonsági rendszabályai, Műszaki Katonai Közlöny, 2011/1–4. szám pp.95–108.
- [21] Nemes József: Épületbontás robbantással, Műszaki Katonai Közlöny, 2002/1–2 pp. 83–87.
- [22] Bohus Géza: A robbantásos épületbontás biztonsági, gazdasági és környezeti előnyei más bontási eljárásokkal szemben, Műszaki Katonai Közlöny 1998/3–4.szám. pp. 23–33.
- [23] Internet:
http://www.caverescue.hu/old/mentesek/mentes200202rakoczi_nepszabadsag.html
Letöltés ideje: 2013.08.23.16:33.
- [24] Diószegi Imre: Robbanóanyagok vizsgálata és minősítése a nemzetközi gyakorlatban,
http://www.mare.info.hu/Eloadasok/Files/MARE_Dioszegi.pdf Letöltés ideje: 2013.08.24. 17:40.
- [25] Internet: <http://www.pyro-1.hu/galeria/igy-keszuel-a-tzijatek> Letöltés ideje: 2013.09.18:14.
- [26] Internet: <http://www.pyro-1.hu/galeria/tzijatek-fotok> Letöltés ideje: 2013.09.15.18:40.
- [27] Lukács László: Épületek elleni robbantásos cselekmények és jellemzőik, Műszaki Katonai Közlöny, 2012. különszám, pp. 5–13.

- [28] Resperger István: A terrorizmus és az asszimetrikus hadviselés jellemzői a jelen kori műveletekben, Honvédségi Szemle, 2009. május 63. évfolyam 3. szám, pp. 24–29.
- [29] Kovács Zoltán: Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai, Műszaki Katonai Közlöny, 2012/ 2. szám pp. 37–52.
- [30] Román Zsolt, Nagy Róbert: Nagyszabású robbantásos merényletek jellemzői a közkeleti hadszínterek alapján, Repüléstudományi közlemények 2013 különszám, http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-10-Roman_Zsolt-Nagy_Robert.pdf . Letöltés ideje: 2013.08.20. 17:20.
- [31] Daruka Norbert: Az „IED”, mint a terrorizmus leghatékonyabb eszköze, „Fúrás – robbantástechnika 2010”, 10. Nemzetközi Konferencia Balatonkenese 2010. szeptember 8–10., pp.162–169.
- [32] Magyarország Alaptörvénye
http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1100425.ATV Letöltés ideje: 2013.09.17. 20:35.
- [33] 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről.
- [34] Nagy Imre: Munkaegészségügyi szaktevékenység bővítése a munkavédelemben, kapcsolata a munkavédelmi érdekképviseléssel
<http://www.mvkepviselo.hu/archiv/2004/siofok2004.pdf> Letöltés: 2008.12.08.18.40.
- [35] Monspart Sarolta: Egészséges munkahelyek (az egészségügyben is jó lenne...) http://www.oefi.hu/rendezv/MonspartSarolta_20071123.pdf. Letöltés: 2008.12.08.23.04.
- [36] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2010 pp.125–155.
- [37] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2010 pp.92–100.
- [38] Békési Livia: A honvéd-munkaegészségügy helyzetelemzése, fejlesztésének irányelvei békeellátásban, illetve rendkívüli helyzetben, PhD értekezés; ZMNE KMDI (2007) p. 102..
- [39] 65/1999. (XII. 22.) EüM rendelet a munkavállalók munkahelyen történő egyéni védőeszköz használatának minimális biztonsági és egészségvédelmi követelményeiről.

- [40] 1/2009. (I. 30.) HM rendelet a Magyar Honvédségre, illetve a katonai nemzetbiztonsági szolgálatokra vonatkozó eltérő munkavédelmi követelményekről, eljárási szabályokról.
- [41] NATO STANAG 2920 Ballistic test method for personal armour materials and combat clothing.
- [42] Vass Gyula: Súlyos ipari baleseti eseménysorok, lehetséges hatások és következmények bemutatása, Súlyos Iparibaleset-elhárítási Védekezési Munkabizottság, KKB Veszélyhelyzeti Központ Közös Gyakorlása Budapest, 2006. december 13.
- [43] 33/1998. (VI. 24.) NM rendelet a munkaköri, szakmai, illetve személyi higiénés alkalmasság orvosi vizsgálatáról és véleményezéséről.
- [44] Rodák Margit, Péter Zoltán: Foglalkozások egészségi tényezői, Országos Munkaügyi Módszertani Központ kiadványa, 1998 p. 536.
- [45] 30/2004. (XII. 6.) HM rendelet a fokozottan veszélyes, valamint az egészségkárosító beosztások köréről, az azokhoz kapcsolódó részletes, valamint a csökkentett napi szolgálati időre vonatkozó szabályokról.
- [46] 7/2006. (III. 21.) HM rendelet a hivatásos és szerződéses katonai szolgálatra, valamint a katonai oktatási intézményi tanulmányokra való egészségi, pszichikai és fizikai alkalmasság elbírálásáról, továbbá az egészségügyi szabadság, a szolgálatmentesség és a csökkentett napi szolgálati idő engedélyezésének szabályairól.
- [47] Lawrence, Bridge, Swatson, Lane, Davie: Discussion of trinitrotoluene poisoning, Proceedings of the Royal Society of Medicine, Section of Therapeutics and Pharmacology, 1942.
- [48] Edvard Radzinszkij: II. SÁNDOR Az utolsó nagy cár Európa Könyvkiadó Budapest, 2006 p.486 (633).
- [49] Robbanóanyagok I. előadás, kemia.ektf.hu/csuti/robbanoanyagok_I.ppt Letöltés ideje: 2013.08.26.17:30.
- [50] Lapat Attila: A robbanóanyagok világa 2. rész. A robbanóanyagok kémiai szerkezete, összetétele, http://www.nbsz.gov.hu/docs/pub_lapat_2.pdf Letöltés ideje: 2013.08.23.21:10.
- [51] Internet: <http://www.novexplo.hu/for.htm> Letöltés ideje: 2013.08.23.18:54.

- [52] Lakatos Sándor: Robbanóanyagok, lőporok, MH 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Zászlóalj, oktatási segédanyag.
- [53] Mű/213 MH Robbantási utasítás, Magyar Honvédség, Budapest, 1971 p. 432.
- [54] Internet: <http://en.wikipedia.org/wiki/Trinitrotoluene> Letöltés ideje: 2013.08.26.19:12.
- [55] Richter-Torres, Dorsey, Hodes: Toxicological profile for 2,4,6-trinitrotoluene, US Dep. of Health and Human Services, 1995. p. 208.
- [56] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2010 pp. 456–457.
- [57] Morton AR, Ranadive MV, Hathaway JA: Biological effects of trinitrotoluene from exposure below treshold limit value, Am Ind Hyg Assoc J 1976 Jan;37 (1): 56–60.
- [58] Zhou AS: A clinical study of trinitrotoluene cataract, Pol J Occup Med 1990;3 (2):171–6.
- [59] Oxley, Smith, Kirschenbaum, Shinde, Marimganti: Accumulation of explosives in hair, J Forensic Sci, 2005 Jul; 50 (4): 826-31.
- [60] WHO IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risks to Humans Vol. 65, 1997. p.32 (35).
- [61] 2,4,6-Trinitrotoluene IARC monograph, <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol65/mono65-14.pdf> Letöltés ideje: 2013.08.25. 22:10.
- [62] Kate Li, Claire Sherman, Jay Beaumont, Martha S. Sandy: Evidence on the Carcinogenicity of 2,4,6-Trinitrotoluene, Office of Environmental Health Hazard Assessment, California Environmental Protection Agency, August 2008, p. 39.
- [63] Henry Abadin, Cassandra Smith: Toxicological profile for RDX, US Dep. of Health and Human Services, 2012. p. 229 <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp78.pdf>.
- [64] Internet: <http://en.wikipedia.org/wiki/RDX> Letöltés ideje: 2013.09.20. 21:10.
- [65] Tetud, Glanclaude, Descotes: Acute hexogen poisoning after occupational exposure, J Toxicol Clin Toxicol, 1996;34(1):109–11.
- [66] Küçükardali, Acar, Ozkan, Nalbant, Yazgan, Atasovu, Keskin, Naz, Akvatan, Gökben, Danaci: Accidental oral poisoning caused by RDX (cyclonite): a report of 5 cases, J Intensive Care Med, 2003 Jan-Feb;18(1):42–6.

- [67] Internet: <http://en.wikipedia.org/wiki/PETN> Letöltés ideje: 2013.09.20. 21:20.
- [68] Internet: http://detonatorhun.hostzi.com/Robbantasi_alapok.html Letöltés ideje: 2013.09.21. 22:30.
- [69] Nitropenton alkalmazási előirat, Pharmindex CD-ROM, Országos Gyógyszerészeti Intézet hivatalos gyógyszeradatbázisa, 2007.
- [70] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2010 pp.450–451.
- [71] Internet: http://en.wikipedia.org/wiki/Picric_acid Letöltés ideje: 2012.09.20. 21:50.
- [72] Internet: <http://detonatorhun.hostzi.com/Pikrinsav.html> Letöltés ideje: 2012.08.24. 21:10.
- [73] Mark Cameron: Picric acid hazards, CIH
<http://oag.ca.gov/sites/all/files/pdfs/cci/safety/picric.pdf> Letöltés ideje: 2013.08.19. 18:56.
- [74] Occupational Health Guideline for Picric Acid, US Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health, 1978 September p.5.
- [75] Internet: <http://en.wikipedia.org/wiki/Tetryl> Letöltés ideje: 2013.09.20. 21:30.
- [76] Harper, Carolyn; Lladós, Fernando: Toxicological profile for tetryl, US Dep. of Health and Human Services, 1995. p. 133.
- [77] Occupational Health Guideline for Tetryl, National Institute for Occupational Safety and Health, September 1978, <http://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0607.pdf>
Letöltés ideje: 2013.08.27. 17:20.
- [78] Internet: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Glicerin-trinitr%C3%A1> Letöltés ideje: 2013.08.27. 15:40.
- [79] Internet: <http://discoverd-world.blogspot.hu/2011/05/history-of-discovery-by-alfred-bernhard.html> Letöltés ideje: 2013.08.28. 14:10.
- [80] Internet:
http://www.hazipatika.com/gyogyszerkereso/termek/nitromint_8_mg_g_szajnyalkaha_rtyan_alkalmazott_spray/1162 Letöltés ideje: 2013.09.28. 10:50.
- [81] Nitromint alkalmazási előirat, Pharmindex CD-ROM, Országos Gyógyszerészeti Intézet hivatalos gyógyszeradatbázisa, 2012.
- [82] Ronald N. Shiotsuka: Occupational health hazards of nitroglycerin with special

- emphasis on tolerance and withdrawal effects, US ARMY Medical Bioengineering Research And Development Laboratory, April 1979. p.26.
- [83] Stayner LT, Dannenberg AL, Thun M, Reeve G, Bloom TF, Boeniger M, Halperin W: Cardiovascular mortality among munitions workers exposed to nitroglycerin and dinitrotoluene, Scand J Work Environ Health 1992;18(1):34–43.
- [84] John D Meyer: Occupational Helath and the Heart, http://aoec.org/cardiol-occup_files/cardiol-occup.ppt, Letöltés ideje: 2013.09.21. 15:10.
- [85] Internet: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Etil%C3%A9nglikol-dinitr%C3%A1t> Letöltés ideje: 2013. 09.12. 17:20.
- [86] Internet: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Amm%C3%B3nium-nitr%C3%A1t> Letöltés ideje: 2013.08.30. 18:20.
- [87] Internet: <http://pyromaster.org/html/r/r32.html> Letöltés ideje: 2013.08.30. 17:30.
- [88] Ammonium nitrate Material Safety Data Sheet, http://www.btps.ca/files/PDF/MSDS/Ammonium_Nitrate_53.00.pdf Letöltés ideje: 2013.09.21.18:20.
- [89] Internet: <http://www.novexplo.hu/rob7.htm> Letöltés: 2013.08.27. 18:40.
- [90] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2010 pp. 333–379.
- [91] 25/2000 (IX. 20) EüM-SzCsM együttes rendelete a munkahelyek kémiai biztonságáról.
- [92] Internet: http://www.draeger.com/Sites/enus_us/Pages/Fire/Multi-PID-2.aspx Letöltés ideje: 2013.09.10.19:10.
- [93] Késői toxikus hatások, www.tumorbio.sote.hu/TB/kemiai-carcinogenesis.ppt Letöltés ideje: 2013.08.28. 18:10.
- [94] Az Európai Parlament és a Tanács 1272/2008/EK rendelete (2008. december 16.) az anyagok és keverékek osztályozásáról, címkézéséről és csomagolásáról, a 67/548/EGK és az 1999/45/EK irányelv módosításáról és hatályaon kívül helyezéséről, valamint az 1907/2006/EK rendelet módosításáról.
- [95] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2010 pp. 742–747.
- [96] Gerd Herold: Belgyógyászat, Medicina Könyvkiadó, Budapest, 2009, pp.444-490.

- [97] Juhász Ferenc: Irányelvek a funkcióképesség, a fogyatékoság és a megváltozott munkaképesség véleményezéséhez, Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztérium-Országos Egészségbiztosítási Pénztár, 2004, p. 902 (1455).
- [98] Internet: http://catalogue.3m.eu/en_eu/eu-aad/Personal_Protection/Eye_Protection/td~Premium_Goggles~2790A/Premium_Acetate_Goggles~2790A Letöltés ideje: 2012.08.31. 14:10.
- [99] Internet: <http://protvik.hu/munkavedelem.htm> Letöltés ideje: 2013.08.29. 21:30.
- [100] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2010 pp. 227–234.
- [101] Internet: 3M 8835, névleges védelmi tényező 50xMK)
[<http://nesler.superwebaruhaz.hu/item/45621> Letöltés ideje: 2013.08.29.13:10.
- [102] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2010 p.236.
- [103] MAPA honlap: <http://www.mapa-pro.hu/oesszefoglalo-gyik/oesszefoglalo.html>
Letöltés ideje: 2013.08.20.17:30.
- [104] Lukács László: Ipari emulziós robbanóanyagok katonai alkalmazási lehetőségei,
<http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle/kulon0313.html> Letöltés ideje: 2013. 07.30 18:10.
- [105] 13/2010. (III. 4.) KHEM rendelet az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatról.
- [106] Internet: http://www.detonet.hu/index_advanced.php?work=stuffs&id=16 Letöltés ideje: 2013.08.21. 19:20.
- [107] Internet: <http://knives.hu/MTP-archive/keses%20cikkek/kestesztek/Microtech%20OTF%20automata%20kesek.html>
Letöltés ideje: 2013.08.21. 19:50.
- [108] Liptay László: Robbanásos sérülések és az ellátás belgyógyászati problémái, Honvédorvosi tanfolyam előadás (2003. január).
- [109] Lukács László: Katonai robbantástechnika és környezetvédelem, ZMNE jegyzet (1997) 5. fejezet pp. 115–178.
- [110] Bellamy, Zajtchuk: Pathology of Blast and Impact Injuries . In: R. Bellamy, R. Zajtchuk (Eds.), Textbook of Military Medicine. Conventional Warfare, Ballistic, Blast, and Burn Injuries, Part 1. Vol. 5, 221–240.(2010).

- [111] Susánszky Zoltán: A robbanás emberre gyakorolt hatása I., Műszaki Katonai Közlöny 1993/4 pp. 3–18.
- [112] Susánszky Zoltán: A robbanás emberre gyakorolt hatása II., Műszaki Katonai Közlöny 1994/1 pp. 19–28.
- [113] Depalma Ralph, Burris David, Champion Howard, Hodgson Michael: Blast Injuries, New England Journal Of Medicine 2005;352:1335-42.
- [114] Várhelyi Levente: Robbanásos sérülések sebészi ellátásának kérdései, PhD értekezés, ZMNE, Budapest, 2010 p.92.
- [115] Zsíros Lajos, Hábel Tamás, Iványi János, Besze Tibor: A robbanás okozta sérülések sajátosságai, Műszaki Katonai Közlöny 1999/3 pp. 3–22.
- [116] Susánszky Zoltán: A robbanás emberre gyakorolt hatása III., Műszaki Katonai Közlöny 1994/2 pp. 3–24.
- [117] Veroslav Kaplan, Jan Gireth: A robbanás személyi állományra gyakorolt hatásai értékmegállapításának időszerű kérdései, Műszaki Katonai Közlöny 2000/1 pp. 15–20.
- [118] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2010 pp. 295–303.
- [119] James H. Stuhmiller: Blast injury, United States Army Medical Research and Materiel Command, Fort Detrick, Maryland (2008)
http://www.bordeninstitute.army.mil/published_volumes/blast_injury/blast_injury.pdf
 Letöltési ideje: 2009. 04.21.17:45.
- [120] Cernak Ibolja, Noble-Haeusslein Linda J: Traumatic brain injury: an overview of pathobiology with emphasis on military populations
http://www.nature.com/jcbfm/journal/v30/n2/fig_tab/jcbfm2009203f1.html
 Download: 2012.12.28. 16:43.
- [121] Erik Beall, Stephen Rao, Micheal Phillips, Mark Lowe: Functional Connectivity differences in Blast-Induced vs. non-Blast-Induced Traumatic Brain Injury
<http://ww4.aievolution.com/hbm1201/index.cfm?do=abs.viewAbs&abs=6598>
 Letöltés ideje: 2013.02.06.17:40.
- [122] Coup-contracoup brain injury
<http://www.dijitalimaj.com/alamyDetail.aspx?img={30A2E3AC-3338-4E83-BD51->

- 776A24178495} Letöltés ideje: 2013.02.06.17.50.
- [123] Kóródi Gyula: Penetrating craniocerebral trauma Academic and applied research in military science 1:(2) pp. 271–274. (2002).
- [124] Cranio-cerebralis Sérülések <http://www.cncs.hu/node/82#IX.C.4>. Letöltés ideje: 2013.02.06.18.50.
- [125] Bell, Randy S.; Vo, Alexander H.; Neal, Christopher J.; Tigno, June; Roberts, Ryan; Mossop, Corey; Dunne, James R.; Armonda, Rocco A.: Military Traumatic Brain and Spinal Column Injury.
http://journals.lww.com/jtrauma/Abstract/2009/04001/Military_Traumatic_Brain_and_Spinal_Column_Injury_.13.aspx Letöltés ideje: 2013.02.05.16.40.
- [126] Kóródi Gyula: Penetrating craniocerebral trauma, Academic and applied research in military science, 2002; 1:(2) pp. 271–274.
- [127] Kóródi Gyula, Katona István, Pannonhegyi Albert: Áthatoló agykoponya sérülések HONVÉDORVOS 50:(3) pp. 157-164. (1998).
- [128] Kóródi Gyula: A háborús koponyasérülések ellátási elvei HONVÉDORVOS 54:(3–4) pp. 169–172. (2001).
- [129] Urwin John: Explosive Blast-Induced Brain Injury Studies, March 14, 2012, <http://www.yalescientific.org/2012/03/explosive-blast-induced-brain-injury-studies/> Letöltés ideje: 2013.02.06.18.50.
- [130] Mines, Thach, Mallonee, Hildebrand, Shariat: Ocular injuries sustained by survivors of the Oklahoma City bombing, Ophthalmology Volume 107, Issue 5, May 2000, p. 837–843 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0161642>. Letöltés ideje: 2013.02.05.18.50.
- [131] Garner, Brett: Mechanisms of Injury by Explosive Devices Anesthesiology Clinics, Volume 25, Issue 1, March 2007, Pages 147–160.
- [132] Horrocks CL. Blast injuries: biophysics, pathophysiology and management principles. J R Army Med Corps 2001;147(1):28–40.
- [133] Centre For Resuscitation And Emergency Medicine Education: Blast injury <http://www.docstoc.com/docs/91919529/Blast-injury-%28PDF%29> Letöltés ideje: 2013.02.05.16.50.
- [134] Benfield Rodd J., Mamczak Christiaan N., Vo Kim-Chi T., Smith Tricia, Osborne

- Lisa, Sheppard Forrest R., ElsterEric A.: Initial predictors associated with outcome in injured multiple traumatic limb amputations: A Kandahar-based combat hospital experience, *Injury* (Vol.43, Issue 10) pp 1753–1758, October 2012.
- [135] Stapley, Cannon: An overview of the pathophysiology of gunshot and blast injury with resuscitation guidelines, *Current Orthopaedics*, Volume 20, Issue 5, October 2006, Pages 322–332.
- [136] Kangdaniel G., Lehman Ronald A., Carragee Eugene J.: Wartime spine injuries: understanding the improvised explosive device and biophysics of blast trauma, *The Spine Journal*, Volume 12, Issue 9, September 2012, pp. 849–857 .
- [137] Hare, Goddard, Ward, Naraghi, Dick: The radiological management of bomb blast injury *Clinical Radiology*, Volume 62, Issue 1, January 2007, pp. 1–9.
- [138] Why you'd rather catch a bullet than a piece of shrapnel
<http://www.digitalapoptosis.com/archives/canada/000652.html> Letöltési idő: 2012.06.23. 16:12.
- [139] Burn injury treatment <http://www.chicagoburninjurylawyer.co/chicago-burn-injury-treatment.html> Letöltés ideje: 2013.01.21.18.30.
- [140] Burn assessment and management <http://medicalpptonline.blogspot.hu/2011/01/burn-assessment-and-management.html> Letöltés ideje: 2013.01.21.18.40.
- [141] Phillips Y., Rhichmond R.: Primary blast injury and basic research: A brief history, *Conventional Warfare Ballistic, Blast and Burn Injuries* (1991)
https://ke.army.mil/bordeninstitute/published_volumes/conventional_warfare/ch06.pdf
 f. Letöltés ideje: 2012.10.30. 18:10.
- [142] Horváth Tibor: Újszerű eszközök és eljárások a békefenntartó erők műszaki támogatásában, különös tekintettel a tüzserész (IED) feladatokra. *Haditechnika 2010*, konferencia-kiadvány pp. 4–13.
- [143] Magyar Mentőautók Afganisztánba http://www.autopro.hu/hazai_palya/rabaholding/Magyar-mentoautok-Afganisztanba/158/ Letöltés ideje: 2012.06.27. 22:11.
- [144] Szabó Sándor, Kovács Tibor, Kovács Zoltán: Korszerű műszaki technikai eszközök II., *Bólyai Szemle 2007/2*,
http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle2007/2/14_szabo-kovacstkovacs.pdf Letöltés ideje: 2012.06.20. 15:14.

- [145] Szabó Sándor, Tóth Rudolf: Gondolatok a HESCO bástyák alkalmazási lehetőségeiről I. Műszaki Katonai Közlöny,2010/1–4.pp. 253–278. (2010).
- [146] Balogh Zsuzsanna: Objektumok robbantásos cselekmények elleni védelmének lehetőségei PhD értekezés, NKE, Budapest (2013) p.147.
- [147] Gácsér Zoltán: A katona harci képességét növelő korszerű, hálózatba integrált egyéni felszerelésrendszerének kialakítási lehetőségei a Magyar Honvédségben, PhD értekezés, ZMNE, Budapest, 2008 p.130.
- [148] Döme Valéria: Védelem a repeszek ellen, Bolyai Szemle 2002 Különszám 3. kötet, <http://193.224.76.4/download/bjkmk/bsz/bszemle/kulon0316.html> Letöltés ideje: 2012.06.21. 14:12.
- [149] Frank György: a lövedékálló védőmellény alapanyagai és a degradáció veszélye, a ballisztikai kerámia laboratóriumi vizsgálata, Bolyai Szemle 2009/3, http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle2009/3/07_frankgyorgy.pdf Letöltés ideje: 2012.06.20.15:44.
- [150] Internet: <http://www.allenvanguard.com/Category.aspx?CategoryId=1> Letöltés ideje: 2009. 05.01.15:54.
- [151] Nehéz tüzszerész védőruha, Med-Eng EOD-9 Kezelési, használati és tárolási utasítás, Med-Eng Inc., Ottawa, Canada, (2007) p. 27.
- [152] Daruka Norbert: Az EOD-9 védőfelszerelés alkalmazhatósága a hazai és nemzetközi tüzszerész feladatok ellátása során (NewChallenges 2009 konferencia előadás).
- [153] Makris A., Nerenberg J., James R., Chichester C.: Evaluation of Personal Protective Ensembles for Humanitarian Demining, Fourth International Symposium on Technology and the Mine Problem, Monterey, California, March 12-16, (2000) p. 10.
- [154] Internet: <http://www.allenvanguard.com/Category.aspx?CategoryId=1> Letöltés ideje: 2009. 05.01.15:54.
- [155] Makris A., Islam S.: Performance tests of 'spider boot' for demining, Med-Eng Systems, Ottawa, Canada (1999) p. 13.
- [156] Internet: <http://www.allenvanguard.com/Category.aspx?CategoryId=1> Letöltés ideje: 2009. 05.01.15:54.
- [157] J. Nerenberg, A. Makris, H. Kleine C. Chichester: The Effectiveness of Different Personal Protective Ensembles in Preventing Blast Injury to the Thorax, MED-ENG

- System Inc.2006. p.11.
- [158] EOD-9 termékspecifikáció PS0109, 2004.november, MED-ENG Ltd. p.13.
- [159] UNION PLUS Kft. Egyéni Védőeszközök
vizsgálataiwww.unionplus.hu/lap1.htmLetöltés ideje: 2012.06.28. 20:20.
- [160] Kóródi Gyula: A digitális katona személyi védelme a honvédorvos szemszögéből,
Hadmérnök 2006/Különszám, pp. 1–7.
http://hadmernok.hu/kulonszamok/robothadviseles6/korodi_rw6.html Letöltés ideje:
2013.10.02. 18:10.
- [161] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt.,
Budapest, 2010 pp.274-289.
- [162] Amber E. Ritenour, MD, Aaron Wickley, BS, Joshua S. Ritenour, MD, Brian R.
Kriete, MD, Lorne H. Blackbourne, MD, Col John B. Holcomb, MC, And Charles E.
Wade, PhD: Tympanic Membrane Perforation and Hearing Loss From Blast
Overpressure in Operation. Iraqi Freedom Wounded, J Trauma. 2008;64:S174 –S178.
- [163] Ékes Erika: Halláskárosodottak munkaköri alkalmasságának véleményezése, szakmai
segédanyag, OMFI (2004) p. 40.
- [164] Michael S. Xydakis, Vikhyat S. Bebarta, Corey D. Harrison, Jonathan C. Conner,
Gerald A. Grant, Anthony S. Robbins: Tympanic-Membrane Perforation as a Marker
of Concussive Brain Injury in Iraq, The New England Journal of Medicine, 357;8
August 23, 2007.
- [165] Ronen Perez, Retta Gatt, David Cohen: Audiometric Configurations Following
Exposure to Explosion Arch Otolaryngeol Head and Neck Surg. Vol 126. Oct 2000
pp. 1249–1252.
- [166] Walz G.: Zaj és rezgésvédelem – Szent István Egyetem, Gödöllő (2007) p.198.
- [167] MSZ ISO 1996-1:2009 Akusztika. A környezeti zaj leírása, mérése és értékelése. 1.
rész: Alapmennyiségek és értékelési eljárások.
- [168] MSZ EN 458:2005 Hallásvédők. Ajánlások a kiválasztáshoz, a használathoz, a
gondozáshoz és a karbantartáshoz. Útmutató dokumentum.
- [169] Tarnóczy T.: Hangnyomás, hangosság, zajosság – Akadémia Kiadó, Budapest (1984)
p.234.
- [170] 66/2005 (XII. 22.) EüM rendelet a munkavállalókat érő zajexpozícióra vonatkozó

minimális egészségi és biztonsági követelményekről.

- [171] Földesi János: Robbantásokkal és egyéb zajokkal keltett vibrációk intenzitása, Fúrás- és robbantástechnika 2010 konferencia-kiadvány pp.151–162.
- [172] Gúth Gábor: Lövés és robbanás által okozott impulzív zajok munkabiztonsági kérdései a Honvédelmi ágazatban szakdolgozat (2010) p.67.
- [173] PELTOR honlapja <http://peltorcomms.3m.com/> Letöltés ideje: 2010. 08. 08. 14:21.
- [174] EAR honlapja http://www.e-a-r.com/e-a-r.com/premold_detail.cfm?prod_family=Combat%20Arms&ind_prod_num=370-1000001 Letöltés ideje: 2010. 08. 08. 14: 20.
- [175] DA PAM 385–64 Ammunition and Explosives Safety Standards, Department of the Army, 2011 p.104 (344).
- [176] Lukács László: Katonai robbantástechnika és környezetvédelem, ZMNE jegyzet (1997) 2. fejezet pp.25–46.
- [177] Andrejev K.K.- Beljajev A.F.: A robbanó anyagok elmélete, 1965, Budapest. Műszaki Könyvkiadó pp. 528–564..
- [178] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2010 pp. 463–465.
- [179] Szén-monoxid-mérgezés <http://www.elsegely.hu/cikk.42.szen-monoxid-mergezes> Letöltés ideje: 2010.10.12. 18:10.
- [180] Szén-monoxid Kémiai Biztonsági Kártya http://www.omfi.hu/icsc/PDF/PDF00/icsc0023_HUN.PDF Letöltés ideje: 2010.08.30.17:10.
- [181] Marcia L. Harris, Richard J. Mainiero: Monitoring and removal of CO in blasting operations, <http://www.cdc.gov/niosh/mining/pubs/pdfs/maroc.pdf> Letöltés ideje: 2010.03.20.12:10.
- [182] US Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine: Carbon monoxide is most common poisoning in workplace, The monitor, Dec. 14, 2006, p. 52.
- [183] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2010 pp. 473–475.
- [184] Metán kémiai biztonsági kártya http://www.omfi.hu/icsc/PDF/PDF02/icsc0291_HUN.PDF Letöltés ideje:

2010.01.20.16:20.

- [185] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2010 pp. 460–462.
- [186] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2010 pp. 466–467.
- [187] Kamburova G.: The influence of the oxygen balance on the chemical reactions of explosive, Blasting Techniques 2010, Conference Proceedings, pp.176–186.
- [188] Kenneth K. Eltschlager, William Shuss, Thomas E. Kovalchuk: Carbon Monoxide Poisoning at a Surface Coal Mine A Case Study
<http://arblast.osmre.gov/downloads/OSM%20Reports/ISEE%202001-CO3.pdf>
Letöltés ideje: 2011.05.21.18.00.
- [189] NIOSH Hazard ID Carbon Monoxide Poisoning and Death After the Use of Explosives <http://www.cdc.gov/niosh/docs/98-122/> Letöltés ideje: 2010.02.28. 13:10.
- [190] MSZ-14-05031-1988 Bányahatósági ágazati szabvány Robbantás utáni várakozási idő meghatározására.
- [191] Internet: <http://www.lascarelectronics.com/pdf-usb-datalogging/data-logger0048811001308576404.pdf?PHPSESSID=ji74gttppr0e9o1hpfsvlqkq5>
Letöltés ideje: 2013.09.21.18:10.
- [192] Internet: http://www.draeger.hu/HU/hu/products/personal_protection/productSelector
Letöltés ideje: 2010.02.20.15:20.
- [193] Kóródi Gyula: Az agykoponya lövési sérüléseinek korszerű ellátása, szervezési és szakmai szempontok alapján a NATO tagságunkból fakadó kihívások tükrében, ZMNE PhD értekezés, Budapest, 2005. p.133.

1. SZÁMÚ MELLÉKLET JAVASOLT KÉRDŐÍV ÉS VIZSGÁLATI LAP

| „Kitöltés után orvosi titoktartásra kötelezett!” | |
|--|---|
| Kérdőív robbanóanyag expozíciónak kitett munkavállaló részére | |
| Ez a kérdőív robbanóanyagokkal dolgozó munkavállalók részére készült. Kérjük, minden kérdésre a valóságnak megfelelően válaszoljon! Pozitív válasz önmagában nem jelenti a munkakörből való kivételt, a munkaköri alkalmasság a laboratóriumi leletek és az azt követő kivizsgálás eredményeinek függvénye. | |
| Dátum: | Robbanóanyagokkal történő munkavégzés kezdete: |
| Személyi adatok: Név, rendfokozat: Születési hely, idő: TAJ: | |
| Előzmények: Jelen egészségügyi problémák: Allergia:..... Jelenleg szedett gyógyszerek /gyógyhatású készítmények, gyógynövények is/:..... Dohányzás: nem –szál /nap Alkoholfogyasztás: nem – alkalmanként – rendszeresen:dl/nap.....típus Mikor adott utoljára vért:..... | |
| Korábbi betegségek: Vérszegénység, vérképző rendszeri betegségek: igen – nem Vérzékenység: igen – nem Májbetegség: igen – nem Vesebetegség: igen – nem Gyomorbetegség: igen – nem Idegrendszeri betegség, epilepszia: igen – nem Szív – érrendszeri megbetegedés: igen – nem Bőrbetegség: igen – nem Daganatos megbetegedés: igen – nem Glukóz – 6 – foszfát – dehidrogenáz hiány (Favizmus): igen – nem – a családban: igen – nem | |

Az utolsó vizsgálata óta voltak az alábbiakban felsorolt tünetei?

Szokatlan fáradékonyság: igen – nem

Nehézlégzés: igen – nem

Gyakori fejfájás: igen – nem

Barna vagy kék ajkak: igen – nem

Piros vagy barna vizelet: igen – nem

Görcsroham, eszméletvesztés: igen – nem

Nőknél a szokásosnál erősebb menstruációs vérzés: igen – nem

Bőrelszíneződés : igen – nem

Munka során keserű szájíz: igen – nem

Látásromlás, homályos látás: igen – nem

Vizsgálati leletek:

Fizikális vizsgálati eltérés:

cyanosis – icterus – sárga, barna bőrelszíneződés

Laborleletek:

HGB:

HTC:

SO2:

VVT:

Reticulocytá:

Methaemoglobin:

GOT:

GPT:

GGT:

ALP:

G6PD(pozitív anamnézis esetén):

Ismételt laborvizsgálat:**Dátum:**

SO2:

HGB:

HTC:

VVT:

Reticulocytá:

Methaemoglobin:

GOT:

GPT:

GGT:

ALP:

Diagnózis:**Értékelés:**

- Alkalmatlan
- Alkalmatlan, laboratóriumi vizsgálatok ismétlése szükséges hónap múlva
- Ideiglenesen alkalmatlan, ismételt alkalmassági vizsgálat ideje:.....
- Alkalmatlan, munkakörből való kiemelése szükséges
- Fokozott expozíció, bejelentés ideje:.....
- Foglalkozási betegség, bejelentés ideje:.....
- Szakrendelésre/ fekvőbeteg gyógyintézetbe utalás

.....

aláírás