



LUDOVIKA  
EGYETEMI KIADÓ

# HONVÉD



KATONAI FOLYÓIRAT

## MŰSZAKI SZEMLE

évfolyam 1927 február 2. szám

KÖZPONTOSÍTOTT AKNÁK HATÁSA ÉS KÁROK ELHÁRTÁSA  
TÖLCSÉRKÉPZÉS ESETÉBEN  
IRTA: VAGY GÁBOR-ÓRI KERNŐK  
(Folytatás)

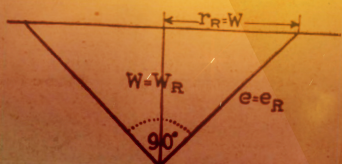
központosított aknák új képletének alapján a robbantási sugarat nagy  
képlettel

Előbbi levelezésünk alapján a robbantási sugarat nagy  
képlettel

Ez a képlet gyakorlati használatra kevésbé alkalmas, mivel  
sámkban rendszerint az ellenállási hossz és a töltés sugara  
adva, amelyekből még az „e” robbantási sugar számításához  
se, a töltet meghatározásához.

A számítási művelet egyszerűbbé válik, ha a robbantási sugar helyett

13. ábra



Az ábra közepén fekvő egyenlet helyesen így hangzik  $W = w_R$   
sugarat (W) vezetjük be a töltet képletébe. Ez különösen fontos  
zörgő tölésekkel való robbantásnál mint a fenti ábrán.

TARTALOM:

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 12. sz. robbantás                 | 1  |
| A robbantási anyagok elosztása    | 2  |
| Magyar katonák tettei a háborúban | 3  |
| Milyen legyen az új honvédek      | 4  |
| Vörösmarty: Irta: SÓLYMOSI        | 11 |
| Honvédek                          | 12 |
| Honvédek                          | 13 |
| Honvédek                          | 14 |
| Honvédek                          | 15 |
| Honvédek                          | 16 |
| Honvédek                          | 17 |
| Honvédek                          | 18 |
| Honvédek                          | 19 |
| Honvédek                          | 20 |
| Honvédek                          | 21 |
| Honvédek                          | 22 |
| Honvédek                          | 23 |
| Honvédek                          | 24 |
| Honvédek                          | 25 |
| Honvédek                          | 26 |
| Honvédek                          | 27 |
| Honvédek                          | 28 |
| Honvédek                          | 29 |
| Honvédek                          | 30 |
| Honvédek                          | 31 |
| Honvédek                          | 32 |
| Honvédek                          | 33 |
| Honvédek                          | 34 |
| Honvédek                          | 35 |
| Honvédek                          | 36 |
| Honvédek                          | 37 |
| Honvédek                          | 38 |
| Honvédek                          | 39 |
| Honvédek                          | 40 |
| Honvédek                          | 41 |
| Honvédek                          | 42 |
| Honvédek                          | 43 |
| Honvédek                          | 44 |
| Honvédek                          | 45 |
| Honvédek                          | 46 |
| Honvédek                          | 47 |
| Honvédek                          | 48 |
| Honvédek                          | 49 |
| Honvédek                          | 50 |

TANÁRI KARA.



1901.

Lukács László

# Robbantástechnika

a hazai katonai szakfolyóiratokban  
az 1800-as évek végétől napjainkig

Lukács László

Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban  
az 1800-as évek végétől napjainkig



Vákát

Lukács László

# Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban az 1800-as évek végétől napjainkig



**LUDOVIKA**  
EGYETEMI KIADÓ

Budapest, 2023

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



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI  
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

## AZ NKFI ALAPBÓL MEGVALÓSULÓ PROJEKT

Szerző  
Lukács László

Szakmai lektor  
Kovács Zoltán

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

Székhely: 1083 Budapest, Ludovika tér 2.  
Kapcsolat: [kiadvanyok@uni-nke.hu](mailto:kiadvanyok@uni-nke.hu)

Felelős szerkesztő: Karácsony Fanni  
Olvasószerkesztő: Kutas Éva  
Korrekter: Nagy Judit  
Tördelőszerkesztő: Stubnya Tibor

DOI: [https://doi.org/10.36250/01158\\_00](https://doi.org/10.36250/01158_00)

ISBN 978-963-531-982-4 (elektronikus PDF) | ISBN 978-963-531-983-1 (ePub)

© A szerző, 2023  
© A kiadó, 2023

Minden jog védve.

# Tartalom

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Előszó                                                                                           | 7   |
| 1. Katonai könyvek, szabályzatok, szakfolyóiratok az 1800-as évek végétől napjainkig             | 13  |
| 1.1. A magyar katonai szaknyelv fejlődésének története                                           | 13  |
| 1.2. Magyar robbantástechnikai katonai szabályzatok és szakkönyvek az 1800-as évektől napjainkig | 20  |
| 1.3. Magyar katonai szakfolyóiratok az 1800-as évektől napjainkig                                | 26  |
| 1.3.1. A Honvéd (1867–1873)                                                                      | 27  |
| 1.3.2. Ludovica Academia Közlönye (1873–1907)                                                    | 28  |
| 1.3.3. Magyar Katonai Közlöny (1908–1930)                                                        | 29  |
| 1.3.4. Műszaki Szemle (1925–1930)                                                                | 30  |
| 1.3.5. Magyar Katonai Szemle (1931–1944)                                                         | 32  |
| 1.3.6. Hadtörténelmi Közlemények (1888–)                                                         | 33  |
| 1.3.7. Rendeleti/Honvédségi Közlöny (1874–1924/1944)                                             | 34  |
| 1.3.8. Honvédorvos (1888–)                                                                       | 34  |
| 1.3.9. Honvéd (1946–1949)                                                                        | 35  |
| 1.3.10. Repülés (1947–1989)                                                                      | 35  |
| 1.3.11. Katonai Szemle (1952–1959)                                                               | 36  |
| 1.3.12. Lobogó (1959–1979)                                                                       | 36  |
| 1.3.13. Haditechnikai Szemle/Haditechnika (1956–1981/1982–)                                      | 37  |
| 1.3.14. Honvédségi Szemle (1960–2013)                                                            | 37  |
| 1.3.15. Hadtudományi Közlöny (1966–1973)                                                         | 38  |
| 1.3.16. Magyar Honvéd (1990–)                                                                    | 38  |
| 1.3.17. Katonai Logisztika (1968–)                                                               | 39  |
| 1.3.18. Repüléstudományi Közlemények (1989–)                                                     | 39  |
| 1.3.19. Új Honvédségi Szemle (1991–)                                                             | 39  |
| 1.3.20. Hadtudomány (1991–)                                                                      | 40  |
| 1.3.21. Műszaki Katonai Közlöny (1991–)                                                          | 40  |
| 2. Robbantóanyagok a hazai katonai szakfolyóiratokban                                            | 49  |
| 2.1. Robbantóanyagokkal kapcsolatos cikkek az 1800-as évek végétől 1945-ig                       | 49  |
| 2.2. Robbantóanyagokkal foglalkozó szakcikkek 1945–1990                                          | 95  |
| 2.3. Katonai szakfolyóiratok robbantóanyagokkal foglalkozó cikkei 1990-től                       | 118 |
| 3. A robbanás irányított hatása a hazai katonai szakfolyóiratokban                               | 149 |
| 3.1. A torpedók                                                                                  | 150 |
| 3.2. Kumulatív töltetek – a Munroe-effektus                                                      | 158 |
| 3.2.1. A Munroe-effektus és a kumulatív töltetek fejlődése a II. világháború végéig              | 158 |
| 3.2.2. Kumulatív töltetekről szóló katonai szakcikkek 1945–1990                                  | 167 |
| 3.2.3. Kumulatív töltetekről szóló katonai szakcikkek 1990-től napjainkig                        | 187 |
| 3.2.4. Kumulatív töltetek és a torpedók                                                          | 207 |
| 3.3. Robbanással formált lövedék – a Misnay–Schardin-effektus                                    | 210 |
| 3.4. A robbanás irányított hatása a legújabb kor harcjármű elleni fegyvereiben                   | 222 |
| 4. Szerkezeti elemek és építmények robbantása a katonai szakcikkekben                            | 229 |
| 4.1. Szerkezeti elemek és építmények robbantása 1945-ig                                          | 229 |
| 4.2. Szerkezeti elemek és építmények robbantása 1945–1990                                        | 238 |
| 4.3. Szerkezeti elemek és építmények robbantása 1990-től                                         | 248 |
| 4.4. Új kihívás – cikkek az építmények robbantásos cselekmények elleni védelméről                | 261 |



|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5. Föld és sziklás kőzetek robbantása a katonai szakfolyóiratokban                                  | 279 |
| 5.1. Szakcikkék föld és sziklás kőzetek robbantásáról 1945-ig                                       | 285 |
| 5.2. Föld és sziklás kőzetek robbantásáról szóló cikkek 1945–1990                                   | 305 |
| 5.3. Föld és sziklás kőzetek robbantásáról szóló cikkek 1990-től                                    | 322 |
| 6. A robbanás egészségügyi hatásaival foglalkozó cikkek a katonai szakfolyóiratokban                | 331 |
| 6.1. Robbanáskor keletkező gázok mérgező hatásával foglalkozó szakcikkék                            | 338 |
| 6.2. Robbanóanyagok gyártásával, kezelésével kapcsolatos munkaegészségügyi tanulmányok              | 353 |
| 6.3. A robbanás emberi szervezetre gyakorolt hatásával, a robbanásos sérülésekkel foglalkozó cikkek | 363 |
| Irodalom                                                                                            | 407 |
| Törvények, határozatok, intézkedések                                                                | 407 |
| Szabályzatok                                                                                        | 408 |
| Szakirodalom                                                                                        | 410 |

## Előszó

„A mai műszaki katonai nemzedék, amely a jövőben a vezetésre hivatott, csak a múltból tanulhat. Aki pedig nem becsüli múltját, annak nincs jövője.” Jacobi Ágost utászezredes<sup>1</sup> 1938-ban megjelent, az I. világháborúban harcoló magyar műszaki katonáknak emléket állító könyvében<sup>2</sup> olvasható mondatai voltak azok, amelyek ennek és az ezt megelőző két könyvemnek a megírására ösztönöztek.

A katonai felsőoktatásban több mint 40 éven át robbantástechnikát oktatva úgy gondoltam, hogy fontos továbbadni az idők során megszerzett tudást, tapasztalatokat a szakma iránt érdeklődőknek. Így jelent meg a hazai katonai robbantástechnika múltjának feldolgozásával, rendszerező áttekintésével és továbbfejlesztésének javasolt irányjaival is foglalkozó könyvem 2017-ben, *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből*<sup>3</sup> címmel. Ebben fejlődésük vizsgálatán keresztül feldolgoztam a magyar honvédségnél<sup>4</sup> alkalmazott katonai robbantástechnikai módszerek és eljárások legfontosabb kérdéseit. Ezen belül az éppen érvényes (szabályzatokban, utasításokban foglalt) előírások alakulásán keresztül bemutattam az alkalmazott robbantóanyagokat,<sup>5</sup> a szerkezeti elemek, a föld és a sziklás kőzetek, valamint egy komplex feladat, a híd-robbantás szabályainak, módszereinek a fejlődését. Külön fejezetben foglaltam össze a hazai katonai robbantástechnika és a környezetvédelem kérdéseit. A könyvben megemlékeztem a magyar ipari robbantástechnika elmúlt évtizedeiről is, legalább azoknak a robbantóanyagoknak a bemutatásával, amelyeknek azóta a hazai gyártóbázisai is megszűntek. Az utolsó fejezetet olyan speciális robbantási munkáknak szenteltem, mint a fémmegmunkáló robbantások, a jégrobbantás és a mezőgazdasági robbantások.

Ennek a műnek mintegy folytatásaként készült el 2022-ben a *Szemelvények a hazai katonai robbantástechnika és a föld alatti aknaharc fejlődéstörténetéből* című munka, amelynek első részében az előző könyvből kimaradt robbantási területeket dolgoztam fel: a mozgásakadályozás robbantással végrehajtható feladatait. Ezen belül az alkalmazott hazai katonai robbantóanyagok és a robbantási alapfeladatok tervezésének koronkénti összefoglalását követően bemutattam az utak és műtárgyaik, a vasutak, a repülőterek és a hidrotechnikai létesítmények robbantási szabályainak fejlődését az 1800-as évektől napjainkig. Az első részt az építmények harcászati célú robbantási szabályai zárták.

<sup>1</sup> Jacobi Ágost munkásságáról bővebben lásd: Balla Tibor – Padányi József: Műszaki kiválóságok – Jacobi Ágost Henrik. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29. (2019), 4. 157–162.

<sup>2</sup> Jacobi Ágost: *A Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban 1914–1918*. Budapest, Közlekedési Nyomda, 1938. 13.

<sup>3</sup> Lukács László: *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből – Különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásaira*. Budapest, Dialóg Campus Kiadó, 2017b.

<sup>4</sup> A könyvben a „magyar honvédség” alatt azt a mindenkori, központilag szervezett fegyveres erőt értem (függetlenül annak éppen aktuális megnevezésétől), amelynek feladata az ország védelme volt.

<sup>5</sup> A könyvben a honi ipari robbantástechnikában elfogadott terminológiát alapul véve robbantóanyag fogalma alatt a robbantóanyagokat és a robbantószerkezeteket összefoglalóan értjük. Ezen belül robbantószer a töltet közvetlen iniciálására szolgáló anyag vagy szerkezet.

A könyv második részében egy olyan robbantási területet vizsgáltam, amelyet ilyen formában még szintén nem dolgoztak fel Magyarországon: a föld alatti aknaharcot. Ez volt a történelem során leghosszabb időn át alkalmazott harceljárás az ellenség megerődített helyeinek elfoglalására, valamint ennek ellentettjeként a védők hasonló válasza, az ellenaknák készítése. Az ókortól a középkoron át az újkori csatáig egyaránt találkozunk vele. Csúcspontját az I. világháború tömeges aknaharcai jelentették, az ellenség állásai alá ásott/fürt aknák és a védők által ennek hatástalanítására készített ellenaknák révén. Mégis viszonylag keveset tudunk róla. A föld alatti aknaharc történetéről, fejlődéséről szóló fejezet korról korra bemutatta a támadók és a védők által alkalmazott technikákat és technológiákat az adott időszak aknaharccal foglalkozó hadtudományi értekezéseiből, műveiből vett idézetekkel és megtörtént csatákról szóló beszámolókkal.

A hazai katonai robbantástechnika múltjának összefoglaló bemutatásából már csak egy adósságom maradt: *a katonai szakfolyóiratokban megjelent korabeli cikkek, tanulmányok feldolgozása*. A szabályzatok, utasítások minden alkalmazóra kötelező érvényű dokumentumok, amelyektől eltérni TILOS. Ugyanakkor két hiányosságuk is van. Egyrészt a megjelenésük időpontjában egyes részeik máris kezdenek elavulni a tudomány folyamatos fejlődése következtében. Másrészt jellegüknél fogva nincs lehetőségük arra, hogy minden részletkérdést aprólékosan kibontsanak, bemutassák egy-egy szabály hátterét, megszületésének körülményeit. Ezek a központilag kiadott szabályozók sohasem tudnak versenyezni a szakfolyóiratok tanulmányainak frissességével, az egyes részterületek bemutatásának aprólékosságával, kiegészítő információiknak a gyakorlati alkalmazó számára fontos részletkérdéseivel. A legújabb kutatások és gyakorlati tapasztalatok eredményeivel mindig ezekben a kiadványokban találkozhatnak először a szakemberek. A legjelentősebb szakmai kérdések aztán – jó esetben – majd bekerülnek az újabb szabályzatokba is, de talán ennél is nagyobb jelentőségük van az olvasóik – hivatalos előírásokon túlmutató – szakmai ismereteinek elmélyítésében, a legújabb információk, tapasztalatok, kipróbált és bevált új módszerek bemutatásában.

Ebben a könyvben egy nagy történelmi kirándulásra invitálom az olvasót, a hazai katonai szakfolyóiratokban megjelent, robbantástechnikával foglalkozó cikkek világába, az 1800-as évek végétől napjainkig. Bár „a régi hadsereg *legelső katonai szaklapja* az »Österreichische Militärische Zeitschrift« volt, melyet Károly főherceg *1808-ban* alapított”,<sup>6</sup> a magyar nyelvű katonai folyóiratok megjelenésének volt egy korabeli akadálya: a hazai katonai szaknyelv hiánya. Az *első fejezetben* bemutatom a magyar katonai szaknyelv fejlődésének történetét, majd röviden összefoglalom az immár magyar nyelven kiadott és alkalmazott robbantástechnikai katonai szabályzatainkat, tan- és szakkönyveinket. A fejezetet a forrásként használt szakfolyóiratok rövid bemutatása zárja, az induló számaikban megfogalmazott „küldetésnyilatkozatukkal”.

A további fejezeteket három alfejezetre bontottam: az 1945-ig, az 1945–1990 között és az 1990-től napjainkig megjelent cikkek bemutatására. Három különböző társadalmi

<sup>6</sup> Berkó István: *Egyezer hadtörténelmi apróság*. Budapest, Honvédelem katonai és polgári folyóirat szerkesztősége, 1925. 156.

rendszer három hadseregének robbantástechnikai történelme elevenedik meg a következő fejezetekben, az általam – lehet, hogy kissé önkényesen – felállított szakmai rendszerezés szerint.

A *második fejezetben* a robbantóanyagokkal foglalkozó szakcikkek között tallóztam. Ebben a korabeli robbantóanyagokkal, gyutacsokkal, időzített és robbanózsínókkal kapcsolatos tanulmányokról olvashatnak az érdeklődők.

A *harmadik fejezet* felépítése kissé eltér a többitől. A robbanás irányított hatásáról szóló részben a kumulatív töltetekkel és a robbanással formált lövedékekkel foglalkozó cikkeket gyűjtöttem egybe. A fejezet azonban a kumulatív töltetek felfedezéséhez vezető akkori új harceszköznek, a torpedónak a bemutatásával kezdődik. Az ezen harceszközök robbantóanyag-tölteteivel folytatott kísérletek során fedezte fel ugyanis az amerikai Charles Edward Munroe a robbanási energia adott pontba történő koncentrálhatóságát. Csak ezt követi az azóta is Munroe-effektusként ismert elven alapuló kumulatív töltetekről szóló alfejezet. A folytatásban a robbanással formált lövedékek fejlődésével foglalkozom, amelyek hatásmechanizmusát a szakirodalom a világon a mai napig mindenhol Misnay–Schardin-effektus néven jegyzi. Az akkori Haditechnikai Intézet kiváló fejlesztőmérnökét, Misnay Józsefet a találmánya világhírűvé tette. Hazája később ezt mellőzéssel, a személye iránti gyanakvással, szakmai ellehetetlenítéssel „honorálta”. A fejezet végén a robbanás irányított hatásának elvén alapuló, legújabb kori harcjármű elleni fegyverekről szóló cikkekből idézek.

A *negyedik fejezetben* a szerkezeti elemek és építmények robbantásával foglalkozó szakcikkekből szemezgetünk. Sajnálatos zárása ennek a résznek korunk új kihívását, az építmények terrorista robbantások általi fenyegetettségét és az ellenük való védelem lehetőségeit tárgyaló közlemények bemutatása. 2012-ben az Óbudai Egyetem és a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem elnyert egy közös kétéves TÁMOP-pályázatot kritikusinfrastruktúra-védelmi kutatásokra.<sup>7</sup> Ennek keretében szerveztem és vezettem egy kutatási projektet *Építmények védelme, megerősítése robbantásos cselekmények ellen* megnevezéssel. A munkában 17 hazai oktató, kutató, továbbá három egyéb szakértő, valamint kilenc külföldi szaktekintély vett részt. A két év alatt 12 hazai és külföldi konferencián 35 előadást tartottunk, 79 folyóiratcikket írtunk (magyar, angol és szlovák nyelven), öt további tanulmány, egy TDK-dolgozat és a két zárótanulmány készült el. Öt doktori (PhD-) értekezést védtek meg sikeresen a munkában részt vevő szakemberek a projekt keretében általuk vizsgált témában. A könyvben most csak néhány, a pályázat ideje alatt folytatott kutatás eredményeként megszületett tanulmányt tudtam felidézni.

Az *ötödik fejezet* a föld és a sziklás kőzetek robbantása területén megjelent cikkeket mutatja be. Ennek keretében foglalkoztam az I. világháborút megelőző időszakban a hazai katonai robbantástechnikára is hatást gyakorló „új hadászati nézettel”, amely az 1870–1871-es német–francia háborúban a porosz Helmuth Karl Bernhard von Moltke tábornagy által alkalmazott, a vasútra alapozott gyors mozgósítást és szervezett hadászati felvonulást helyezte előtérbe. Az elért siker alapján, továbbá a tűzéréség terén tör-

<sup>7</sup> TÁMOP–4.2.1.B–11/2/KMR–2011–0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások (2012–2013).

tént hatalmas technikai fejlődés tükrében akkor úgy tűnt, hogy az erődök, az erőd-harc és ezzel együtt a föld alatti aknaharc korának vége szakadt. Ez viszont azt is jelentette, hogy az ezt követő időszakban kiadott katonai robbantási szabályzataink egyszerűen nem foglalkoztak a föld- és sziklarobbanás elméletével és gyakorlatával. Az I. világháború alatt aztán a kialakuló és évekig húzódó állóháborút végül a föld alatt folyó aknaharcnak is köszönhetően sikerült kimozdítani tetszhalott állapotából. Ennek árát – többek között – az erre a feladatra felkészítetlen magyar műszaki katonák fizették meg az olaszországi hegyekben folyó kegyetlen harcok során. Jacobi Ágost könyvének alapján felidézzük az ott történeteket. Az 1990 utáni földrobbantással foglalkozó cikkek között megjelentek a hazai katonai robbantástechnika és a környezetvédelem kérdéseivel foglalkozó tanulmányok is. Az 1995-ben írt kandidátusi disszertációmban,<sup>8</sup> majd ezt követően egy egyetemi jegyzetben<sup>9</sup> már foglalkoztam ezzel a kérdéssel. A 2017-ben megjelent könyvemben egy teljes fejezetet szenteltem ennek a kérdésnek. Annak ellenére, hogy a Honvédelmi Minisztérium 2008-ban kijelentette, hogy „[ö]sszhangban a NATO/EU-elvárásokkal, a Honvédelmi Minisztérium és a Magyar Honvédség arra törekszik, hogy a kiképzés, a gyakorlatok és egyéb, a honvédelemmel összefüggő feladatok végrehajtása során a környezet védelmére is figyelmet fordítson”,<sup>10</sup> az általam megfogalmazott (kísérletekkel is igazolt) eredmények, javaslatok sajnos a mai napig nem kerültek be a katonai robbantási gyakorlatunkba. Ott továbbra is a Varsói Szerződés Szervezete tagállamai támadó hadseregének készített, immár több mint 50 éves *Robbantási utasítás*ban foglaltak a mérvadók. Ugyanígy elkerülték az illetékesek figyelmét azok, a fent említett 1995-ös disszertációmban, majd a 2017-es monográfiámban megfogalmazott javaslataim is, amelyek egy új robbantási utasítás szükségességére hívták fel a figyelmet, egyben javaslatokat is téve az abban foglalt változtatásokra.

A könyv *hatodik, utolsó fejezete* egy szakmailag látszólag „idegen” kérdést jár körbe: a robbanás egészségügyi hatásaival foglalkozó cikkeket. Úgy gondolom, hogy a robbantástechnikával foglalkozó szakembereknek ismerniük kell mind a robbanás során keletkező gázok mérgező hatását, mind a robbanóanyagok gyártása, kezelése, a velük történő munkavégzés során betartandó munkaegészségügyi szabályokat. Ugyanígy fontos a robbanás emberi szervezetre gyakorolt hatásainak, a robbanás során keletkező sérüléseknek a megismerése, természetesen nem a sebész, hanem a parancsnok, a katonáiért felelős vezető szemszögéből. A korabeli cikkeket olvasva talán jogosan vetődik fel a kérdés: a mai szabályzataink hol foglalkoznak ezekkel?

<sup>8</sup> Lukács László: *A magyar honvédségnél alkalmazott robbantási eljárások és robbanóanyagok legfontosabb részterületei fejlődésének vizsgálata és a továbbfejlesztés javasolt irányai*. Kandidátusi értekezés. Budapest, Zrínyi Mikós Katonai Akadémia, 1995a.

<sup>9</sup> Lukács László: *A katonai robbantástechnika és a környezetvédelem*. Budapest, ZMNE Hadtudományi Kar Műszaki Harcászati-hadművelési Tanszék, 1997a.

<sup>10</sup> *Honvédelmi környezetvédelem. Képzési szakanyag a környezetvédelmi szakelőadói képzéshez*. Budapest, Honvédelmi Minisztérium Infrastrukturális Ügynökség, 2008.

A könyvből kimaradt, de a *Katonai Logisztika* folyóiratban megjelent két tanulmányunkban társszerzőimmel feldolgoztuk a robbantásos fémmegmunkálással<sup>11</sup> és a jégvédekezési robbantásokkal<sup>12</sup> kapcsolatban a katonai szakfolyóiratokban korábban megjelent cikkeket.

Munkám során az előző könyvekhez hasonlóan kutatást folytattam a Nemzeti Köszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Könyvtára részét képező Mueller Othmár Robbantástechnikai Különgyűjteményben.<sup>13</sup> A 2002 decemberében elhunyt dr. Mueller Othmár, az Építéstudományi Egyesület Robbantástechnikai Szakbizottság alapítója és vezetője által összegyűjtött, az 1860 óta a világon megjelent mintegy 26 ezer kötetnyi robbantástechnikai témájú könyvet tartalmazó gyűjtemény magában foglal 30 ezer vonatkozó szakcikket is. Munkámban nagy segítséget jelentett a könyvtárban található könyvek és egyedi kiadványok 1850–1984 közötti háromkötetes bibliográfiája, amelyben Mueller Othmár több mint 6700 tételt dolgozott fel a gyűjteményéből.<sup>14</sup> Az Európában is egyedülálló szakkönyvtárat több évtizedes barátságunk alapján és a Nemzetvédelmi Egyetem Műszaki Tanszékén folytatott, többek között személyemhez is kapcsolódó robbantásoktatás és -kutatás színvonalának elismeréseként Mueller Othmár az Egyetemre hagyta. A végakaratóban megtisztelt a könyvtár szakmai továbbfejlesztésének folytatásával, amit nyugdíjazásom után dr. Kovács Zoltán alezredes, egyetemi docens kollégám vett át.

A könyv írásakor felhasználtam az Egyetem Tudományos Könyvtárában és a Hadtörténeti Múzeum és Könyvtár Hadtudományi Könyvtárában található szakirodalmat, továbbá az adott témákhoz kapcsolódóan célzott kutatást végeztem az interneten. Sok értékes anyagot találtam az Arcanum Digitális Tudománytárban és a Miskolci Egyetem, Könyvtár, Levéltár, Múzeum által fejlesztett és működtetett MATARKA országos internetes szolgáltatásban. A könyvben idézett tanulmányok többsége teljes terjedelmében megtalálható ez utóbbi két digitális gyűjteményben, továbbá az elektronikus kiadású folyóiratok archív számai között.

A műben egyes fogalmak és anyagok nevével többféle formában és helyesírással találkozunk az olvasók. Ennek oka az, hogy a bemutatott szakirodalmakban így jelentek meg, ezért az idézett részekben – a történeti hűség okán – megtartottam azokat az ere-

<sup>11</sup> Lukács László – Szalay András: Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban 1945–1990 között II. rész – Robbantásos fémmegmunkálás. *Katonai Logisztika*, (2020), 4. 194–242.

<sup>12</sup> Lukács László – Kovács Zoltán: Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban 1945–1990 között III. rész – Jégvédekezési robbantások. *Katonai Logisztika*, (2021), 1–2. 291–340.

<sup>13</sup> Lukács László: A Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Központi Könyvtár Dr. Mueller Othmár Robbantástechnikai Különgyűjteménye. *Műszaki Katonai Közlöny*, 16. (2006b), 1–4. 135–142.

<sup>14</sup> Mueller Othmár: *A világ robbantástechnikai és ipari robbantóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1983*. I. kötet, 5., átdolgozott kiadás. Az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet 1983/1. sz. közleménye. Budapest, 1983. 1–95.; *A világ robbantástechnikai és ipari robbantóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1983*. II. kötet, 5., átdolgozott kiadás. Az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet 1984/2. sz. közleménye. Budapest, 1984a. 96–209.; *A világ robbantástechnikai és ipari robbantóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1983*. III. kötet, 5., átdolgozott kiadás. Az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet 1984/10. sz. közleménye. Budapest, 1984b. 210–335.



deti formájukban. Ahol ezt a könnyebb érthetőség kedvéért szükségesnek éreztem, ott lábjegyzetben utaltam a ma ismert megnevezésre.

Befejezésül köszönetet szeretnék mondani azoknak a katonai és civil szakembereknek, kollégáknak, akik a munkámban támogattak, segítettek!

A könyvet felejthetetlen főiskolai robbantástanárom, az 1994 nyarán elhunyt *Hegyi Ferenc honvéd őrnagy*,<sup>15</sup> illetve több mint két évtizeden keresztül mentorom, barátom, a 2002-ben elhunyt *dr. Mueller Othmár*<sup>16</sup> emlékének ajánlom.

*Historia est magistra vitae*<sup>17</sup> – az előszót nyitó Jacobi-idézet előtt ez a mondat szerepelt a szerző könyvében. A sok helyen ma már latin közmondásként ismert gondolat Cicerótól származik, és eredetileg így hangzott el több mint 2000 éve, a római szenátusban elmondott szónoklatában: „A történetírás valóban az idők tanúja, az igazság fénye, az emlékezet élete, az élet tanítómestere, a múlt idők hírnöke.”<sup>18</sup>

A 2017-ben megjelent monográfiámban ezt írtam: „meggyőződése, hogy akkor alkalmazható igazán mesterien egy-egy eljárás, módszer, ha nemcsak a végeredményként megfogalmazott szabályt, hanem annak kialakulását, fejlődését is ismerjük. Szakmai önbizalmunkat növeli, az egyes szabályok, eljárások, módszerek iránti bizalmat erősíti, ha bizonyítottan látjuk ezek időtállóságát, a sok-sok éven keresztül folytatott elméleti kutatásokon és a megszerzett gyakorlati tapasztalatokon nyugvó megalapozottságát.”<sup>19</sup>

Könyvemmel a „múlt idők hírnökeként” a robbantástechnika kutatásával és fejlesztésével, a robbantás oktatásával, a kiképzéssel és a gyakorlati munkák kivitelezésével foglalkozó magyar műszaki katonáknak, szakembereknek kívánok emléket állítani, akik értékes gondolataikat, eredményeiket a bemutatott szakfolyóiratokban osztották meg kortársaikkal.

A műben nem mutattam, nem is mutathattam be teljes részletességgel az elmúlt több mint 130 évben született, katonai robbantástechnikával foglalkozó szakcikkeket. Célom a figyelem felkeltése volt ezek iránt, egyben segítve is a mai szakembereket az őket érdeklő területeken megjelent munkák „megtalálásában”, hogy aztán azokat teljes terjedelmükben elolvashassák a korabeli kiadványokban.

Bízom abban, hogy munkámmal – ha csekély mértékben is – hozzájárulhatok ahhoz, hogy szakmai múltunkat jobban megismerve, elődeink munkáját – Jacobit idézve – az azt megillető módon „becsülve”, a katonai robbantástechnika tovább fejlődjön, és a „jövőben” hasonlóan értékes tanulmányokat találjanak majd az olvasók az akkori szakfolyóiratokban.

Budapest, 2022. július

*A szerző*

<sup>15</sup> Lukács László: Hegyi Ferenc nyugállományú őrnagy. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2. (1992b), 3. 9–18.

<sup>16</sup> Lukács László: In Memoriam dr. Mueller Othmár. *Műszaki Katonai Közlöny*, 12. (2002), 3-4. 103–108.

<sup>17</sup> A történelem az élet tanítómestere.

<sup>18</sup> Maróti Egon: *Historia est magistra vitae. Belvedere Meridionale*, 20. (2008), 1–2. 92.

<sup>19</sup> Lukács (2017b): i. m. 11.

# 1. Katonai könyvek, szabályzatok, szakfolyóiratok az 1800-as évek végétől napjainkig

## 1.1. A magyar katonai szaknyelv fejlődésének története

Ahhoz, hogy a hazai katonai szaksajtó egyáltalán megjelenhessen, egy látszólag egyszerű problémát kellett leküzdeni: meg kellett alkotni a magyar katonai szaknyelvet. Vidos Géza az *Osztárk–Magyar Monarchia katonai műszaki csapatainak létrehozásáról* szóló tanulmányában az alábbiakat írta erről az időszakról: „Az állandó hadsereg első nyomaival Ausztriában a hamincéves háború után találkozunk, Magyarországon pedig annak alapjait az 1715. évi VIII. t. c. vetette meg. Hazánk területéről azonban még azután is hosszú ideig csak a gyalog és lovas-csapattekhez toboroztak legénységet, majd kb. a XIX. század elejétől fogva a tüzérséghez is.

Műszaki vezetésről és műszaki csapatokról a Monarchia hadszervezetében a szó mai értelmében tulajdonképpen még csak a XVIII. század elejétől fogva beszélhetünk. A műszaki csapatokhoz azonban 1851-ig csak elvétve került magyar legénység, mert ilyenmű magyar kiegészítésű csapatok ez ideig nem léteztek: nyilvánvalóan magyar műszaki csapatokról pedig egyáltalán csak 1868, azaz az általános hadkötelezettségnek a Monarchiában történt bevezetése óta beszélhetünk.”<sup>20</sup>

Ugyancsak említésre érdemes, hogy „a régi hadsereg *legelső katonai szaklapja* az »Österreichische Militärische Zeitschrift« volt, melyet Károly főherceg 1808-ban alapított”.<sup>21</sup>

Nemcsak a katonai folyóiratoknál, hanem a hazai tisztképzésben is „nyelvi akadályként” merült fel a megfelelő magyar nyelvű szakterminológiák hiánya. Csikány Tamás így foglalta össze a hazai tisztképzés megalakításának kezdeti lépéseit. „A magyar tisztképzés létrehozásának igénye először az 1790–91. évi országgyűlésen vetődött fel, ahol az akkori nemesség reformelképzeléseinek keretében »a katonai nevelés előmozdítására nemzeti hadi-iskola« létrehozását követelték. Az egyre fokozódó nyomás hatására 1808-ban I. Ferenc császár hozzájárult egy magyar tisztképző akadémia felállításához, és november 5-én életbe lépett a magyar katonai felsőoktatás első törvénye, az 1808. évi VII. törvénycikk a honvéd Ludovika Akadémia létrehozásáról. Az eredetileg Vácon tervezett képzés azonban nem indult el, és miután a kijelölt intézményt alkalmatlannak találták az oktatásra, 1829-ben a nádor megbízta Pollack Mihályt az Orczy-kertben ma is álló létesítmény tervezésével. Az építkezés 1836-ban fejeződött be, de a császári udvar sikeresen akadályozta meg a tényleges képzés indítását.”<sup>22</sup>

<sup>20</sup> Vidos Géza: A magyarság szerepe az Osztrák–Magyar Monarchia katonai műszaki szervezetének keretében. *Hadtörténelmi Közlemények*, (1941), 1. 135–136.

<sup>21</sup> Berkó (1925): i. m. 156.

<sup>22</sup> Csikány Tamás: A magyar katonai felsőoktatás első 200 éve – dióhéjban. *Nemzet és Biztonság*, (2008), november. 76–77.



Ebben az időben azonban a „tankönyvek és a szakirodalmi források is német nyelven álltak rendelkezésre; a magyar nyelvű tankönyvek és szakirodalom, sőt a magyar katonai szaknyelv kialakulása még váratott magára”.<sup>23</sup>

*Markó Árpád* a magyar katonai nyelv fejlődéstörténetéről írt összefoglaló tanulmányában így mutatta be ezt a kort: „Az 1809-ben életre hívott nemesi felkelő sereg csak gyalogságból és lovasságból állott, ezért csak ezek számára készültek az ismertetett szabályzatok. Feltűnhetik, hogy a »huszár« elnevezéssel egyikben sem találkozunk, hanem végig megtartják a már Zrínyi Miklós írásaiból ismert meghatározást, azaz hogy a gyalogos a »gyalogos«, a lovas pedig »katona«. Tüzérséget nem állítottak fel s műszaki alakulatokra sem volt ennek a felkelő seregnek szüksége. Így tehát érthető, hogy e két később mindig fontosabbá váló fegyvernem életében az akkori színmagyar seregben – az insurrectionál a magyar katonai nyelv nem jelentkezhett. A Monarchia seregében lévő magyar tüzér és műszaki alakulatoknál is csak kevés előrehaladást állapíthatunk meg e téren. A nemesi felkelés seregében ezért nem is szerkesztettek magyar szabályzatokat tüzérek és műszaki csapatok számára. A reguláris haderő kötelékében harcoló ilyen alakulatok tisztikara akkor még jóformán teljesen külföldi nemzetiségű tisztekből állott [...] A műszaki alakulatoknál még erre sem volt szükség. A műszaki tisztikarban csupán egy-két, de egészen kiváló magyar tiszttel találkozunk, akik, mint pl. a Somogy megyei Martonitz András, a Mária Terézia Rend lovagja, végül tábornagy lett és a soproni születésű Martony Károly, akinek latin nyelven írt műszaki tudományos munkáit a külföld is elismerte, s mint tábornok, ő volt a legelső gázálc elkészítője.

Hogy a műszaki katonai nyelv ebben az időszakban nem fejlődhetett magyarrá, azt megértjük, ha tudjuk, hogy még jóval azután is, az 1848-as szabadságharc előtti években, a Monarchia seregében szolgáló 190 műszaki tiszt közül csak 17, az utászcsapatban 107 közül csak 3, az árkász- és aknászcsapatban pedig 69 tiszt között egyetlen egy magyar tiszt sem szolgált.”<sup>24</sup>

„Gondolkodó katonáink a XIX. század első felében azonban ráeszméltek arra, hogy a katonai nyelv magyarosításához elkerülhetetlenül szükséges az idegen nyelvű katonai műszavak helyes átültetése magyar nyelvre. Erre kellett tehát most a legnagyobb súlyt vetni. A folyamatos katonai leírások, folyóirati közlemények nyelve immár amúgy is együtt haladt a nemzet nyelvének megfelelő újításával, csak a katonai műszavak helyes magyar kifejezésének problémáját kellett még megoldani. Ezzel a kérdéssel annál is inkább foglalkozni kellett, mert ebben az időszakban, a napóleoni háborúk és az 1848-as szabadságharc közti évtizedekben volt a katonai műszaki tudomány, azaz a várépítés, de még inkább a tüzérség és egyéb, műszaki természetű szolgálati tevékenység nagy fejlődése. Ezekben a szolgálati ágakban most már mindig több és több magyar tiszt

<sup>23</sup> Miklós Zoltán: A Ludovika Akadémia tananyaga. *Iskolakultúra*, 14. (2004), 6–7. 49.

<sup>24</sup> Markó Árpád: Adalékok a magyar katonai nyelv fejlődéstörténetéhez, IV-ik közlemény, III. fejezet. *Hadtörténelmi Közlemények*, 6. (1959), 2. 316.

dolgozott s így különösen érezhette a katonai műszavak magyar megfelelő kifejezésének hiányát.”<sup>25</sup>

*Bessenyei György* (1747–1811), a hazai felvilágosodás egyik kiemelkedő alakja 1772-es *Magyarság* című röpiratában ezt írta: „minden nemzet a maga nyelvén lett tudós, de idegenen sohasem”. Ehhez azonban – többek között – szükség volt a magyar „hadi műszavak” megalkotására, amelyben kiemelkedő szerepet játszott Kiss Károly. *Ács Tibor* így ír a munkásságáról egy tanulmányában.

„1825-től *Kiss Károly* megjelent hadtudományi műveiben és fordításaiiban tudatosan alkotta a magyar hadi műszavakat. *Kazinczy Ferenc* is igen jelentősnek értékelte *Kiss Károly* magyar katonai nyelvújító munkásságát. [...] a reformkorban *Kiss Károly* volt az első, aki szükségesnek tartotta egy hadtudományi műszótár elkészítését és közreadását. Az igazán céltudatos és szervezett kísérlet a magyar katonai nyelv új hadtudományi szavakkal való bővítésére a Magyar Tudós Társaság kereteiben történt meg és abban kezdeményező, vezető szerepe volt *Kiss Károly* levelező, majd rendes tagnak. Az Akadémia első nagygyűlésén elhatározta egy általános magyar nagyszótár összeállítását. E terv végrehajtásának előmunkálataiként indult meg a szakszótárak, így egy matematikai szótár kiadásának előkészítése. Az Akadémia hivatalos nézete szerint a hadtudomány a matematikához áll a legközelebb, ezért a hadiműszavakat a matematikai szótárnak kell tartalmaznia. A kisgyűlés 1831. június 21-i, hatodik ülése határozta el, hogy a matematikai munkák közül a műszavak kigyűjtésére »*Kiss Károly* lev. tagnak: 9. Hadi mesterségek tárgyzó szükségesebb tudományoknak summás előadására. (Pesten 1807) 10. Hadi tudomány (kiadta s bevezetéssel megtoldotta *Szekér Alajos Joachim*. Pesten 1808) c. műveket kell átnéznie.«”<sup>26</sup>

„A Magyar Tudós Társaság 1834 elején közre bocsátja a Matematikai Műszótárt, melynek előszavában a hadi műszavak alkotóira nézve ezt olvashatjuk: »A katonai sorezredeknél divatozó német és franczia elnevezéseket, magyarrá téve *Kiss Károly* és *Szontagh Gusztáv* levelező tagok küldöttek be; a várerősítéseit s fegyverekéit *Baricz György* és *Kiss Károly*.« *Kiss Károly* azonban csalódva vette kezébe a megjelent szótárt, mivel katonai kifejezéseinek jelentős részét nem találta meg benne. Az Akadémiának 1834. július 20-án Szegedről írt levelében kissé elkeseredett hangon felteszi a kérdést: »Mivel a t. t. Társaság megkeresésére általam nagyobb kiterjedésben összerakott és beküldött hadi műszavak mind sem az említett könyvbe, sem annak toldalékába fel nem találtnak [...] azért alázatosan kértem a t. t. Társaságot, hogy az említett könyvből s annak toldalékából nagyobb részint kimaradt, a hadi tudományhoz pedig elkerülhetetlenül szükséges műszavaim más tárgyhöz e csatolva, vagy külön jelennek e meg, vagy pedig mint haszontalanok talán félre is vetettek; ez utolsó esetben a kéziratnak visszaadását kérem.« *Kiss* örömebe tehát üröm is vegyült, mivel a Matematikai Műszótárból sok fontos katonai műszava kimaradt. Nem volt meglepő azzal, hogy a matematikai osztály mellékes kérdésként kezelte a hadtudományi kifejezéseket, és ezért érdeklődik a további

<sup>25</sup> Markó Árpád: Adalékok a magyar katonai nyelv fejlődéstörténetéhez, V-ik közlemény, IV. fejezet. *Hadtörténelmi Közlemények*, 7. (1960), 2. 170.

<sup>26</sup> Ács Tibor: Adalékok a katonai nyelv történetéhez. *Honvédelem*, 33. (1982), 10. 90.

sorsuk felől. Kiss válasza váró kérdését az Akadémia kisgyűlése csak egy év múlva, az 1835. június 21-i ülésén tárgyalta meg és úgy döntött: »Feleletül adatik, hogy azok a nagyszótár készülétei közé tetettek el.« Kiss ezt némi elégtétellel vette tudomásul.”<sup>27</sup> Végül a kisgyűlés 1838. augusztus 6-án bízta meg Kiss Károlyt, Szontagh Gusztávot és Tanárky Sándort „a hadi tudományok terminológiájának együtt készítésére”.

*Tanárky Sándor* elismert hadtudósként, a Magyar Tudományos Akadémia első katona tagjaként 1838. november 19-én elmondott akadémiai székfoglaló beszédében „[a] hadtudományoknak az állodalmak, s különösen magyar hazánk fenntartására életbe ható fontosságáról értekezett”. „Ha lakja még világrészünket nép, mely a hadi műveltség végválasztó hatását fel nem foghatván, vagy felfogni nem akarván, a daliás szellemtől, s hőserényektől orcáját elfordítja; a főlebbi széles értelemben vett hadtudományokat sem nem kedveli, sem nem műveli, sem bennök előmenetelt tenni nem kíván; az csak mondjon le örökre a nemzeti méltóságról, ő azt sem meg nem érdemli, sem rá fel nem emelkedik, valamíg fonák gondolkozásmódját meg nem változtatja. Ekképen bebizonnyul, mit jelen értekezésem kezdetén állítottam: t. i., hogy a hadtudományos műveltség a nemzeti élet fentartásának leghatalmasabb eszköze; elhagyaglása, politica halálra vezető legegyszerűbb út.”<sup>28</sup>

*Ács Tibor* tanulmányában a folytatásról ezt írta: „A kisgyűlés 1839. január 7-i ülésén, Tanárky betérjlesztette a hadi műnyelvvvel foglalkozó javaslatot, amelynek alapján elhatározták: a) A közéletben és a kiadványokban előforduló hadi műszavak összeírását Tanárky Sándor végezze el. b) Az összeírt műszavakat egymástól függetlenül Lakos János, Baricz György, Kiss Károly és Szontagh Gusztáv magyarosítsák, szem előtt tartva a francia hadtudományi műnyelvet és a magyar nyelvtant. c) A beérkezett öt munkát a Tanárkyból, Kissből, Szontaghból álló bizottság hasonlítsa össze és a leghelyesebb kifejezésekből szerkesszen egy betű rendes hadtudományi szótárt. d) A szótárt a kisgyűlés jóváhagyja és az Akadémia saját munkájaként nyomtatásra ajánlja a nagygyűlésnek. e) A műszótártól azt várják, hogy megszünteti a hadtudományi kifejezésekben tapasztalható tévováságot, hasznos kulcs lesz az olvasó kezében az Akadémia által kiadandó hadtudományi munkák megértésére és a nagy szótár előkészületei egyik ágát is elvégzi.”<sup>29</sup>

Tanárky azonban 1893 közepén súlyosan megbetegedett, és az év végén elhunyt. Az alkotótárs, *Szontagh Gusztáv* búcsúzó beszédében így emlékezett rá. „Hazánkban a viszonyok a hadi literatura virágoztatására nem épen kedvezők. Azon meggyőződés még nem lett közönséggé nemzetünknel, hogy a katonai pályára magas és mindenoldalú műveltség szükséges [...] Azonkívül ezredeink hivatalos nyelve, a hadtest szükségképeni egységénél fogva, a német, s azok majd mindig hazájokon kívül tanyáznak, elszakadva nemzeti irodalmunktól, mely az alatt élénken fejlődik. Mind ezeknél fogva lehetetlen, hogy tiszteink nyelvre nézve is végre el ne maradjanak. S ím ezek azon okok,

<sup>27</sup> Ács (1982): i. m. 91.

<sup>28</sup> Tanárky Sándor: *A hadtudományoknak az állodalmak, s különösen magyar hazánk fenntartására életbe ható fontosságáról – akadémia székfoglaló beszéd.* Magyar Tudós Társaság Évkönyvei 5. kötet (1838–1840), Második Osztály. A Magyar Tudós Társaság értekezései 1838–1840, Mathematicai Osztály 226–240.

<sup>29</sup> Ács (1982): i. m. 92.

miknél fogva rögtön azon férfiúra nem akadhatánk, ki a magyar sereg értelmiségének, academiánkban, illő képviselője lehessen. Ismételt célból tett próbák nem sikerültek. Végre megjelenik Tanárky Sándor. S ím az academia megbízta őt egy had-tudományi műsótár szerkesztésével. Tanárky lelkesedéssel hozzá fog a készülétekhez, rendszeresen, legnagyobb terjedelemben, a fegyver- és földszíntanokon kezdve; barátai megdöbbennek terve merészségén. »Vívjunk meg a lehetetlennek látszóval, hogy semmi lehetőt el ne mulasszunk« vala felelete. Buzgósága társaira ragad, lelkes együttműködéshez készülnek; de midőn már kiki a rá eső osztályrészt várna, az alatt Tanárky életnemtője lassan és szomorún kereszté szövétnekét, s mi az olly későn felderült, de magasra emelkedett remények enyészét koporsója fölött keseregtek!»<sup>30</sup>

A kisgyűlés ezek után 1840. január 7-i ülésén Kiss Károlyt bízta meg a műsótár szerkesztésének folytatásával. Közben az országgyűlésben is folytak a csatározások a magyar nyelv hivatalos államnyelvvé tételének kérdésében, de egyelőre eredménytelenül. Az 1843. évi országgyűlés összehívása előtt végül Kiss elhatározta, hogy a reformellenzék törekvéseit támogatandó, márciusban kiadatja az első jelentős *Hadi Műsótárt*. „A 140 oldalas nyolcad ívrét nagyságú kiadvány címlapján magyarul és németül ez olvasható: »Hadi Műsótár. Magyar-németül és német-magyarul. Közre bocsátja Kiss Károly, kapitány s magyar akadémiai rendes tag. Pesten, Kiadja Heckenast Gusztáv. 1843.«”<sup>31</sup>

Az 1864-es kiegyezést követően felállított önálló magyar hadseregben immár kötelező érvénnyel jelentkezett a magyar katonai szaknyelv igénye. Erről Markó az alábbiakat írta.

„A Honvédelmi Minisztérium 1869 elején már véglegesen megalakult szervezetével intézte az új honvédség ügyeit. Hogy a magyar honvédség szolgálati nyelve kizárólag magyar legyen, azt a törvény külön nem is hangsúlyozza, mert hiszen ez természetes volt [...] De annál inkább kell csodálkoznunk, hogy a minisztérium osztályai sorában nem találunk egy olyan osztályt vagy bizottságot, amelynek feladata és hatásköre lett volna végre, egy nyelvtudományilag is helyes magyar katonai nyelv központilag irányított szabályozása, most, amikor békés viszonyok közt annak lehetősége fennállott. De az is megállapítható, hogy a megalakulás utáni években sok szabályzat jellegű szolgálati könyv, tansegédlet stb. jelent meg, részint egyéni buzgalomból, részint a Honv. Min. segítségével, mint hivatalos kiadvány. [...] Az akkor már országosan ismert Thaly Kálmánt 1869-ben kinevezték a Honv. Min.-ban miniszteri titkárnak. De azok, akik azt hitték, hogy Thaly itt »a honvédügy megszervezésében [...] a hadi műnyelv megalkotásában« fog eredményesen közreműködni – csalódtak. Pedig éppen itt lett volna alkalma a lelkes kurucnak a magyar katonai nyelv megalkotása körül maradandó érdemeket szerezni azzal, hogy a Rákóczi szabadságharc alatt kiadott szabályzatokra támaszkodva fogalmazta volna meg az új honvédség szabályzatait. De az a kérdés őt nem érdekelte. Az természetes, hogy kezdetben a már eddig is, főleg a szabadságharcban megjelent magyar szabályzatok maradtak érvényben, de a minisztérium gyorsan gondoskodott arról, hogy ezeket a rossz magyarsággal kiadott szabályzatokat – nyelvtudós szakemberek

<sup>30</sup> Szontagh Gusztáv: *Emlébeszéd Tanárky Sándor rt. felett*. Magyar Tudós Társaság Évkönyvei, 5. kötet (1838–1840), Első Osztály. A Magyar Tudós Társaság története. 1838–1840. Beszéd. 204–213.

<sup>31</sup> Ács (1982): i. m. 93.

bevonásával – fokozatosan új szabályzatokkal cserélik ki. [...] De végeredményben mégis azt állapíthatjuk meg, hogy nem végeztek rossz munkát. Sőt észrevették, hogy a Kiss Károly, Szontagh Gusztáv s más lelkes katonáknak a reformkorban kifejtett fáradozásai nyomán [...] megszületett és 1847-ben kiadott magyar hadiműszótár nem az, aminek lennie kellene. Már 1868-ban megjelent egy új magyar Hadiműszótár Mátyus Uzor buzgalmából, és Pál Károly erre a két szótárra hivatkozva összeállított 1871-ben egy újabb magyar Hadiszótárt.”<sup>32</sup>

Markó megemlékezik cikkében Kiss Károlyról is: „Pótolhatatlan veszteség volt, hogy Kiss Károly, aki a reformkorszakban és a szabadságharc magyar katonai nyelvének fejlesztésében elévülhetetlen érdemeket szerzett, s mint tudós hadtörténész is kiváló magyar tanulmányokat írt [...] az 1868-as honvédség meg alakulása előtt, 1866-ban meghalt.”<sup>33</sup>

Közben a *Magyar Tudományos Akadémia* is lépett a magyar katonai nyelv megújításának terén. 1871. március 27-i ülésén a főtitkár, *Arany János* ismertette a Nyelvtudományi Bizottság véleményét a német–magyar, magyar–német műszótárral kapcsolatban, felajánlva Ballagi Mór nyelvész–történész tagjuk segítségét a munkához, egyben kérve a Pénzügyminisztérium delegáltjának bekapcsolódását. „Ezt az alkalmat azonban az Akadémia elnöksége felhasználta arra is, hogy feliratot intézzon m. kir. Kormányhoz, amiben arra kéri, hogy valahányszor a szakminisztériumok ilyen munkát szándékoznak kiadni, ne a már nyomtatásban megjelent és kész könyvet küldjék ide, ha az Akadémia közreműködését kívánják, hanem a nyomtatás előtt a fogalmazványt és küldjenek egy szakembert, aki: »a reális fogalmakat értelmezi«. [...] Arany Jánosnak erre a nagyon okos felszólítására legelőször a Honvédelmi Minisztérium jelentkezett.”<sup>34</sup> Az eredmény pedig: „A magyar katonai nyelv fejlődéstörténetének ebben az időszakában három igen fontos könyv megjelenéséről számolhatunk be. Lelkes, az új honvédség magyar nyelvének ügyét szívükön viselő férfiak két hadiműszótárt, a Honv. Minisztérium pedig egy szótárt adtak ki, hogy megkönnyítsék a honvédség szabályzatainak, utasításainak megszerkesztésével foglalkozók munkáját. Az egyik szótár már a honvédség megalakításának évében, 1868-ban, a másik pár év múlva, 1871-ben, a harmadik 1873-ban jelent meg, tehát a legalkalmasabb időpontokban, az új szabályzatok megszületésének éveiben.”<sup>35</sup>

Az 1873-as *Hadiműszótárral* és annak lehetséges továbbfejlesztésével kapcsolatban már *Domaniczky István* m. kir. honvédelmi miniszteri titkártól a *Ludovica Academia Közlönye 1877-es* számában olvashatunk egy cikket.

„Az 1873-ik évi 40404/I-ik számú honvédelmi ministeri körrendelettel kiadott hivatalos »Hadiműszótár«, nyelvünkben e téren az első nagyobb mű, mert a Kiss Károly tudományos académiái tag által 1843-ik évben kiadott hasonló című könyv, az előbbinek talán felényi terjedelmével sem bír.

<sup>32</sup> Markó Árpád: Adalékok a magyar katonai nyelv fejlődéstörténetéhez, VII-ik közlemény, VI. fejezet. *Hadtörténelmi Közlemények*, 8. (1961), 2. 742–744.

<sup>33</sup> Markó (1961): i. m. 746.

<sup>34</sup> Markó (1961): i. m. 744–745.

<sup>35</sup> Markó (1961): i. m. 753.

Mindenesetre van azonban az említett hivatalos szótárban annyi szóanyag, hogy az időközben megjelent magyar hadtudományi művekben foglalt hadi kifejezések 3/4 részét abban megellelhetjük. Mindamellettt ahány magyar katonai könyvet veszünk kezünkbe, majdnem annyiféle műnyelvvvel kell megbirkóznunk. Kivételek ugyan mint mindenütt, úgy itt is vannak; de hadtudományi íróink többsége, műveinek megírásánál a hivatalos szótárra vajmi kevés tekintettel volt.

[...] határozottan kárhoztatandó az ebbeli szabadságnak túlzása főleg nálunk, hol a hadtudományi könyvet használó honfiainknak, egy magyar hadi műnyelv alapos megtanulására is alig marad idejük, főleg azon körülménynél fogva, miszerint a magyar hadi műnyelven kívül a németet, sőt nem ritkán még a horvátot is, meg kell tanulniok.

Ha valamely írónak – és ide számítom a hadtudományokat bármiként érintő (történelmi) művek és cikkek szerzőit is – a hivatalos szótárban foglalt mükifejezések egyike vagy másika ellen alapos kifogása van, akkor zsenge hadi irodalmunk érdekében fejtsen ki annyi hazafiasságot, hogy az általa nem helyeslett hivatalos műszó helyett használt kifejezés jogosultságát, röviden megemlítsse, vagy az általa használt műszó után a hivatalosat (zárjel között) a végre tüntesse elő, hogy a hivatalos műnyelvhez szokott olvasó az illető művet (cikket) megérthesse.

Ezen eljárás által azon cél is előmozdítatnék, hogy a fennálló hivatalos műnyelv egyes kifejezéseire nézve tett alapos kifogások a hadi műszótár 2-ik kiadásának szerkesztésénél zsinórmértékül szolgálhatnának.”<sup>36</sup>

A *Ludovica Academia Közlönyében* a továbbiakban is találunk a magyar katonai műszavak fontosságáról szóló cikkeket. Ezek közül kiemelhetők *Buzna Lajos* honvéd főhadnagy 1885-ös gondolatai. „Bármennyire keserű legyen az igazság, őszintén el kell ismernünk, hogy irodalmi tevékenységünk egyik legnagyobb akadálya mindekkoráig, a megfelelő magyar műszók hiányossága [...]”

A köznapiságon fölülemelkedő szellem sem rakhatja le könnyű módon eszének termékeit, mert magyar katonai nyelvünk nem lévén kifejlődve, a fogalmak kifejezésében biztos és ismert formákhoz nem ragaszkodhatik. Egyszerű s napi eseménynél alig több értékű, idegen nyelven megjelent cikkekcskének kivonatos ismertetése is már nehézséggel jár. A nagyobb értékű, magasabb röptű és nagyobb tudományos alappal bíró dolgozatok írásánál vagy fordításánál pedig, mindig ott lebeg az író előtt a kérdés: vajjon műszavaimat megértik-e?”<sup>37</sup>

„Az eszköz, melynek szükséges voltát hangsúlyozzuk: a magyar katonai műszótár. De nem egyszerű német-magyar és magyar-német műszókat tartalmazó könyv, hanem a mai műveltségnek megfelelő olyan magyarázó szótár, mely a katonai tudományos műszókat teljességükben tartalmazza [...] Az évek előtt kiadott »Hadi műszótár« a honvédség kezdetének kezdetén jelent meg, hiányos volta az intézmény fejletlenségére vall.”<sup>38</sup>

<sup>36</sup> Domaniczky István: Hadi műnyelvünk egyöntetűségéről. *Ludovica Academia Közlönye*, (1877), április. 295–296.

<sup>37</sup> Buzna Lajos: A magyar katonai műszókról. *Ludovica Academia Közlönye*, (1885), február. 112.

<sup>38</sup> Buzna (1885): i. m. 114.



„A honvédség keletkezése alkalmával alkotott műszók jó része épen azért rossz, mert a szókészítők, vagy nem voltak katonák, vagy nem tudtak magyarul. Az ilyen módon közkeletre jutott szók időjárástól meghonosodnak s a nyelvérzék eltompítására a leghatalmasabb eszközzé válnak.”<sup>39</sup> A gondolatot megtörve megjegyezzük, hogy a történelem ismételte önmagát, amikor a Magyar Honvédségben az 1990-as években a kirendelt nem szaktiszt fordítók által „rohammunkában” lefordított angol nyelvű szabályzatok anyagait olvasva a magyar nyelvű szövegeket tovább kellett „fordítani” a hazai katonai szakterminológiának megfelelőre. Ezért is igazak a korabeli szerző zárógondolatai, amelyek szerint: „A lexikon készítését, ismételjük: csakis szakemberekre, tehát a nyelvet teljesen bíró katonákra vélnők bízhatónak.”<sup>40</sup>

A magyar nyelv használata nem csak a honvédségen belül jelentett gondot a 19. századi Magyarországon. Különböző szakmákban derült ki, hogy a korábbi német nyelvű kifejezéseknek nincs közérthető magyar megfelelője. Ez komoly problémát jelentett a civil szférában is. Ennek a területnek az egyik, ha nem a legjelentősebb képviselője volt *Frecksay János* (1841–1919), aki 1883-tól a Kereskedelmi Minisztérium szabaddalmi levéltárában levéltárosként dolgozott. 1892-ben könyv- és térképtári főigazgatóvá, 1895-ben pedig a Magyar Királyi Szabaddalmi Hivatal főigazgatójává nevezték ki, egyszersmind megbízták a *Szabaddalmi Közlöny* szerkesztésével. Még újságíró korában kezdte gyűjteni a mesterségek műnyelvének anyagát, amelyet a négykötetes *Találmányok könyvében* (1877–1880) használt fel. Ez a munka megvetette a magyar ipar műnyelvét, amiért a Magyar Tudományos Akadémia a Nyelvtudományi Bizottság kültagjává választotta, és egyúttal megbízta a *Mesterségek szótára* megírásával. A 421 oldalas műben 50 iparág leírása (az aranyverőtől a takácsig), továbbá ezek összesített magyar–német és német–magyar szótára található.<sup>41</sup> További nagy munkája a *Mesterségek könyvtára*, amely e mesterségek teljes műnyelvét öleli föl. A minisztérium *Találmányok Leírása* című havi folyóiratát tizennégy évig szerkesztette, amely tárháza a különféle szakmák magyar műszavainak. A Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala szakkönyvtára 2011 májusában vette fel egykori segédhivatali főigazgatójának, a *Szabaddalmi Közlöny* első felelős szerkesztőjének a nevét.<sup>42</sup>

## 1.2. Magyar robbantástechnikai katonai szabályzatok és szakkönyvek az 1800-as évektől napjainkig

*Az 1867-es kiegyezést követően felállított Magyar Királyi Honvédségnél* már megkerülhetetlen volt a saját tisztképzés életre hívása. Ezért – bár a kezdetekben csak tanfolyam jelleggel – *1872-ben* megkezdődött az oktatás a *Ludovika Akadémián*. A tisztképző

<sup>39</sup> Buzna (1885): i. m. 115.

<sup>40</sup> Buzna (1885): i. m. 116.

<sup>41</sup> Frecksay János: *Mesterségek szótára (ötven iparág leírása és ezek összesített magyar–német és német–magyar szótára)*. Budapest, Hornyánszky Viktor cs. és kir. Udvari Könyvnyomdája, 1912.

<sup>42</sup> [https://hu.wikipedia.org/wiki/Frecksay\\_János](https://hu.wikipedia.org/wiki/Frecksay_János)



intézmény az 1872. évi XVI. törvénycikk alapján került létrehozásra.<sup>43</sup> Az 1. § szerint: „Az 1808. évi VII. és 1827-dik évi XVII. törvénycikkek értelmében Pesten fölláttatni rendelt magyar katonai intézet »mint magyar királyi honvédségi akadémia állittatik föl, és Ludovika-Akadémia nevet fog viselni.«” A 2. § rögzítette a feladatait: „Ezen akadémia rendeltetése, hogy abban egyfelől önkényt jelentkező hadapródok a honvédség keretei részére alkalmas tisztekké képeztesse, másfelől szolgálatban levő kitűnő honvédtiszteknek alkalom nyújtassék, a hadtudományoknak a magasabb fokozatu szolgálattételnél igényelt ágaiban magukat tovább képezhetni. Ehhez képest ezen akadémiában kettős tanfolyam rendszeresítettik, u. m.:

- a) tisztképző tanfolyam, és
- b) felsőbb tiszti tanfolyam.”<sup>44</sup>

Az Akadémia tényleges katonai nevelőintézeté az 1883. évi XXXIV. törvénycikk bevezetése után vált mint a hadapródképző iskolákkal egyenértékű középfokú oktatási intézmény.<sup>45</sup> 1897-ben született meg a XXIII. törvénycikk, amelynek nyomán az Akadémia 3 éves tisztképzést végző intézménnyé alakult, fiatal hadnagyokat adva a honvédségnek. Az új rendszerű képzés első évfolyamát 1898 őszén indították. A korszakról részletes információk olvashatók Szurmay Sándor egykorú tanulmányában.<sup>46</sup>

A műszaki képzéshez kapcsolódóan a robbantás oktatásához is magyar nyelvű kiadványokra volt szükség. A Bihar Ferencz m. kir. honv. őrnagy által 1887-ben írt *Utásztan* című könyv volt az első műszaki katonának készült kiadvány.<sup>47</sup> Megjelenéséről egy Balás százados által írt közleményben a *Ludovica Academia Közlönye* is hírt adott: „Haladó katonai irodalmunk terén bizonyos tekintetben úttörő és kétségkívül érezhető hiányt fog pótolni.” A könyvben viszont robbantási feladatokról nincsenek ismeretek. Az első rész „műszaki előismeretek” cím alatt építőanyagokkal, föld- és burkolati munkákkal foglalkozik. A második rész a „tulajdonképpeni utászmunkák: műútépítés, vasútépítés, tábormunkák és átjárók helyreállítása”. Ezenkívül még „az osztrák-magyar hadihíd magyarázata” olvasható benne. A függelékbe a gyalogsági ásó leírása és használata került. A cikk szerzőjének zárógondolatai a kiadvány kapcsán: „A használt mű és műszaki kifejezések minden művésziességtől mentek és tényleg példaszerűek [...] Tekintettel sajátos viszonyainkra azonban célszerűnek találunk, ha a műkifejezések mellett – zárójelben – a hadseregben általánosan használt idegen nyelvű kifejezésekkel is találkozunk.”<sup>48</sup>

<sup>43</sup> 1872. évi XVI. törvénycikk a magyar királyi honvédségi Ludovika-Akadémia felállításáról.

<sup>44</sup> 1872. évi XVI. törvénycikk.

<sup>45</sup> A hadapródiskoláról bővebben lásd: Gál Attila: *Armis et litteris – A pécsi m. kir. Zrínyi Miklós honvéd gyalogsági hadapródiskola történetéből 1898–1944*. Budapest, Petit Real, 2001.

<sup>46</sup> Szurmay Sándor: A honvédség fejlődésének története annak felállításától napjainkig. 1868–1898. *Ludovica Akadémia Közlönye*, (1898), 11–12.

<sup>47</sup> Bihar Ferencz: *Utásztan, a m. k. honvédségi Ludovika-Akadémia »szabadságot állományú tisztképző tanfolyama« és a honvéd egyéves önkéntesek számára*. Budapest, Grill, 1887.

<sup>48</sup> Balás: Bihar *Utásztan* megjelenése. *Ludovica Academia Közlönye*, (1887), 4. 321–322.

Ezt a kiadványt a német eredeti szabályzatból fordított, a csapatoknál szolgálók részére 1899-ben kiadott *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához* című könyv<sup>49</sup> követte, amelynek végén már egy 15 oldalas (+ 3 táblázat) robbantástechnikai fejezet is helyet kapott. Az ebben és a továbbiakban megjelent robbantási szabályzatokban, utasításokban foglaltakról részletes információk olvashatók a *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből* című könyvben.<sup>50</sup>

*Robbantási szabályzatok, szakutasítások:*

- Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához. Fordítás. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., 1899.
- E-23 „A vasutak- és távírdáknak a m. kir. honvéd lovas ezredek utászszakaszai által való szétrombolásáról” c. kiadvány. 1879.
- E-23 Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász szakaszai és század utászai számára. 1902.
- E.-23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, 1902.
- H.-26. Technischer Unterricht für die k.u.k. Sappeur-Pionier truppe. Teil. Sprengvorschrift. Wien, Aus der Druckerei des k.u.k. Kriegsministeriums, 1915. (Az utasításnak 1918-as, a jelzettel megegyező tartalmú utánnyomása is fellelhető a könyvtárakban.)
- E-39,b. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára – tervezet. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, 1915.
- Az állásharc II. rész. Az aknaharc. Budapest, Pallas Rt., 1918.
- E.-32 (Műsz. okt.) Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára + Ábrafüzet. Budapest, M. kir. honvédelmi minisztérium, 1926.
- E.-34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I. rész. Budapest, M. kir. honvédelmi minisztérium, 1928.
- E.-34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások II. rész + Mellékletek. Budapest, M. kir. honvédelmi minisztérium, 1928–1929.
- Robbantási segédlet. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1950.
- E-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1950.
- Robbantások. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1953.
- Mű/2. Robbantási utasítás. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1965.
- Mű/213. Robbantási utasítás. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1971.
- Mű/243. Műszaki szakutasítás a nem műszaki alegységek számára. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1978.

<sup>49</sup> *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához*. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., 1899.

<sup>50</sup> Lukács (2017b): 50., 62., 73., 80., 83., 90., 160.

- Kézikönyv a műszaki alegységek szakkiképzéséhez. Budapest, MN Műszaki Főnökség, 1984.
- 381/468. Útmutató a műszaki gyakorló pályák és szaktantermek kialakítására és fenntartására. Budapest, Magyar Honvédség Műszaki Szemléltetés, 1993.
- Tankönyv a műszaki-utász alegységek kiképzéséhez. Budapest, MN Kiképzési Főcsoportfőnökség, 1967.
- Tankönyv az aknakutató-tűzszerész alegységek kiképzéséhez. Budapest, MN Kiképzési Főcsoportfőnökség, 1984.
- 361/119. Harckocsi és gyalogság elleni akadályrendszerek anyagainak és eszközeinek, valamint az új típusú műszaki harcanyagok kezelése és karbantartása. Budapest, Magyar Honvédség Műszaki Technikai Szolgálatfőnökség, 2006.
- Mű-224/18. Nyílászáró robbantási szakutasítás. Budapest, Honvéd Vezérkar Hadművelési Csoportfőnökség, 2012.

A hivatalos katonai robbantási szabályzatok és szakutasítások mellett az adott kor érdeklődő szakemberei néhány szakkönyvből is bővíthették ismereteiket. A polgári robbantástechnikai szakirodalomhoz képest ezek száma viszonylag csekély volt, ahogy ez a következő felsorolásban is látszik. *Schaffer Antal 1903-as könyve* azért került megemlítésre, mert amellet, hogy civil szerző civil könyvről van szó, számtalan katonai robbantástechnikai kérdést is tárgyal, és az adott időszak legkiemelkedőbb színvonalú alkotása volt. A hazai kiadású robbantástechnikai szakirodalom összefoglalását a *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből* című könyv<sup>51</sup> 19. számú melléklete tartalmazza. A Mueller Othmár által készített bibliográfia<sup>52</sup> feldolgozása alapján készült anyagban 34 szakkönyv és 54 tankönyv, jegyzet felsorolása szerepel. A hivatkozásban feltüntetett bibliográfiában összesen 385 darab, hazai szerző által írt anyag (a könyveken és jegyzeteken kívül egyéb – elsősorban belső terjesztésű – tanulmányok, disszertációk, cikkek, konferencia-előadások stb.) került feldolgozásra. Ezek nagy része kutatható a Nemzeti Közszerzői Egyetem Központi Könyvtárának *Mueller Othmár Robbantástechnikai Különgyűjteményében*.

*Hazai katonai robbantástechnikai szakkönyvek:*

- Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve. Budapest, Pallas Rt., 1903.
- Arday Géza: A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése. Kassa, Szent Erzsébet Nyomda Részvénytársaság, 1910.
- Schmoll Endre: Haditechnikai ismeretek. I. kötet. Budapest, 1929.
- Schmoll Endre: Haditechnikai ismeretek. II. kötet. Budapest, 1930.

<sup>51</sup> Lukács (2017b): i. m. 337–339.

<sup>52</sup> Mueller Othmár: *A világ robbantástechnikai és ipari robbantóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1982*. I. kötet. 5., átdolgozott kiadás. Budapest, Építőipari Tudományos Egyesület Robbantástechnikai Szakbizottsága – Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet, 1982.

- Schmoll Endre: Haditechnikai ismeretek. III. kötet. Budapest, M. kir. bpesti honv. tiszti szabályzatismertető tanf., 1933.
- Jacobi Ágost: A Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban 1914–1918. Budapest, Közlekedési Nyomda Kft., 1938.
- Szabó László – Kardos Sándor – Szabó István: A farkasveremtől az atomaknázárig. Budapest, Zrínyi Katonai Kiadó, 1970.
- Kender Antal – Mikó Lajos: Műszaki záruk telepítése és leküzdése. Budapest, Zrínyi Katonai Könyv- és Lapkiadó, 1983.
- Tóth József – Lukács László – Volszky Géza: Akna kisenciklopédia. Budapest, Tudománymenedzsmentért, Tudás Alapú Technológiákért Alapítvány, Tercia Print Kft., 2012.
- Lukács László: Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből, különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányai és a kor új kihívásaira. Budapest, Dialóg Campus Kiadó, 2017.
- Lukács László: Szemelvények a hazai katonai robbantástechnika és a föld alatti aknaharc fejlődéstörténetéből. Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó, 2023.

A katonai robbantástechnika oktatása minden korban alapvetően az érvényes szabályzatok, szakutasítások alapján történt. Ugyanakkor a legelső, *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához* című kiadványt a szabályzatok között említjük, de alapvetően oktatási célra készült. A robbantás alfejezetben például külön jelöli azokat a pontokat, amelyek „csak a m. kir. Ludovika Akadémián és a nagyvárad honvéd hadapródiskola lovas növendékeinek adandók elő”. Hogy egy nyomtatásban megjelent könyv esetén ez a gyakorlatban miként volt megvalósítható, azt nehéz elképzelni. A II. világháború előtt még egy robbantástechnikával foglalkozó oktatási anyagot tudtunk fellelni, a többi – alább felsorolt – egyetemi és főiskolai jegyzet már 1945 után jelent meg. Külön érdekesség az orosz „Tüzérségi Akadémia”<sup>53</sup> docensének, P. F. Bubnovnak az *Iniciáló robbanóanyagok* című 1940-ben írt könyve, amelynek fordítását 1955-ben a Műszaki Könyvkiadó adta ki, ugyanakkor „szolgálati használatra” minősítéssel látta el. A címlap hátoldalán található kolofon<sup>54</sup> szerint 125 példányban készült a kiadvány, a birtokunkban lévő példányában viszont azt a hivatalos bejegyzést is láthatjuk, amely szerint az a 152. példány. Ugyancsak itt olvashatjuk: „[A] könyv a katonai akadémiák és a Hadügyi Népbiztosság Műszaki főiskolái hallgatóinak tankönyve. Ajánlható segédkönyvként az iniciáló robbanóanyagokat és iniciáló eszközöket gyártó üzemek műszaki dolgozóinak is.”

#### *Egyetemi és főiskolai jegyzetek:*

- Katonai műszak – 6. füzet. A világítás és robbantásszak – Tansegédlet a m. kir. Honvéd Kerületi Tiszti Iskolák és a Honvéd Központi Lovas Iskola tiszti tanfolyama számára. Budapest, Pallas, 1913.

<sup>53</sup> A moszkvai Dzerzsinszkij Tüzérségi Akadémiáról van szó.

<sup>54</sup> Az a záradék, amelyben a szerzői jogra, valamint a kiadvány kiadására és gyártására (nyomda neve, nyomtatott darabszám stb.) vonatkozó technikai jellegű információk szerepelnek.

- Maróthy Géza – Bárány István – Falkai Béla: Robbanóanyagok I. Általános és katonai robbanóanyagok. Budapest, Haditechnikai Intézet Műszaki Egyetemek és Főiskolák Hadmérnöki Tagozatainak Parancsnoksága, 1950.
- Maróthy Géza – Falkai Béla: Robbanóanyagok II. Ipari robbanóanyagok, lőporgyártási alap- és segédanyagok, pirotechnika. Budapest, Haditechnikai Intézet Műszaki Egyetemek és Főiskolák Hadmérnöki Tagozatainak Parancsnoksága, 1951.
- Bubnov, P. F.: Iniciáló robbanóanyagok. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1955.
- Gánóczi Ferenc (szerk.): Tankönyv a műszaki tartalékos tisztek részére. Budapest, Magyar Honvédelmi Sportszövetség Országos Elnöksége Tartalékos Tiszti Tagozat, 1964.<sup>55</sup>
- Kántor Rajmund: Robbanó és hajtóanyagok (rakéta előkészítő és indító-berendezés üzemeltető szakos hallgatók számára). Budapest, Magyar Néphadsereg Zalka Máté Katonai Műszaki Főiskola vegyvédelmi szaktanszék, 1965.
- Pakot Péter – Hegyi Ferenc: Robbantás. Szentendre, Magyar Néphadsereg – Kossuth Lajos Katonai Főiskola, 1976.
- Hubina István – Lukács László: Kőbányászat robbantással. Szentendre, Kossuth Lajos Katonai Főiskola, 1980.
- Varga József: Katonai robbantástechnika. Budapest, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia Műszaki Tanszék, 1983.
- Lukács László: Robbantás. In Tankönyv a műszaki hallgatók harcbiztosítói felkészítéséhez. 2. könyv, I. rész, I. fejezet. Szentendre, Kossuth Lajos Katonai Főiskola, 1985. 1–257.
- Lukács László: Hidak robbantásának tervezése, szervezése, a parancsnoki munka rendje. Szentendre, Kossuth Lajos Katonai Főiskola, 1986.
- Lukács László: Robbantás. In Tankönyv a 3. éves műszaki hallgatók harcbiztosítói felkészítéséhez. 3. könyv, III. rész, V. fejezet. Szentendre, Kossuth Lajos Katonai Főiskola, 1987.
- Lukács László: A kumulatív hatás és a kumulatív töltetek méretezése. Budapest, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia Műszaki Tanszék, 1992.
- Hunyadi Ferenc – Lukács László – Mueller Othmár: A robbantások elleni védekezés feladatai. Budapest, BME Mérnöktovábbképző Intézet, 1993.
- Lukács László: Harcászati műszakizár-csomópontok létesítése, fenntartása, aktivizálása. A zászlóalj védőkörlet műszakizár-rendszere. Budapest, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia Műszaki Tanszék, 1994.
- Lukács László – Mueller Othmár: Házilagos készítésű robbantószerkezetek. Budapest, Országos Rendőrfőkapitányság Országos Oktatási Központ, 1994.

<sup>55</sup> A Zrínyi Miklós Katonai Akadémia Műszaki Tanszék szerzői munkaközössége által írt anyag – 2. fejezet: Fa- és vashidak robbantása.

- Lukács László: A katonai robbantástechnika és a környezetvédelem. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Hadtudományi Kar Műszaki Harcászati-hadműveleti Tanszék, 1997.
- Erdős József: Robbantási alapismeretek. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Vezetés- és Szervezéstudományi Kar, 1998.
- Török László Ervin – Told Rudolfné: Robbanóanyagok kémiaja I. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Kar, 2005.
- Tóth József – Lukács László – Volszky Géza: Akna kisenciklopédia. Budapest, Tudománymenedzsmentért, Tudás Alapú Technológiákért Alapítvány, Tercia Print Kft., 2012.
- Lukács László – Rácz Pál (szerk.): Nagyenergiájú fémmegmunkálás. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2013.

*A műszaki tisztképzés 1945 és 2015 közötti helyzetéről, ezen belül a hadmérnöki képzésről és az ott oktatott tantárgyakról a Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből I. című tanulmánykötetben megjelent tanulmány tartalmaz részletes információkat.<sup>56</sup>*

### 1.3. Magyar katonai szakfolyóiratok az 1800-as évektől napjainkig

A monográfia – a címéből következően – a hazai katonai szakfolyóiratokban megjelent, robbantástechnikához kapcsolódó cikkek feldolgozását tartalmazza. Alapvetően az alábbi folyóiratokból szemlélünk.

*A katonai szakfolyóiratokból feldolgozásra kerülnek:*

- A Honvéd 1867–1873.
- Repülés 1947–1989.
- Haditechnikai Szemle 1956–1981.
- Haditechnika 1982–2021.
- Hadtörténelmi Közlemények 1888–2021.
- Hadtudomány 1991–2021.
- Hadtudományi Közlöny 1966–1973.
- Honvéd 1946–1949.
- Honvédelem 1975–1988.
- Honvédorvos 1888–1914; 1951–2012.
- Honvédségi Közlöny 1924–1948.
- Honvédségi Szemle 1960–1990.
- Háború-krónika 1877–1878.

<sup>56</sup> Lukács László: A műszaki tisztképzés múltja, jelene és várható jövője az oktatás és a tudományos kutatás tükrében. In Földi László (szerk.): *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből I.* Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó, 2021. 54–55.

- Katonai Logisztika 1993–2021.
- Katonai Szemle 1952–1959.
- Lobogó 1959–1979.
- Ludovica (Ludovika) Academia (Akadémia) Közlönye 1873–1907.
- Magyar Honvéd 1990–1996.
- Magyar Katonai Közlöny 1908–1930.
- Magyar Katonai Szemle 1931–1944.
- Műszaki Katonai Közlöny 1991–2021.
- Műszaki Szemle 1925–1930.
- Rendeleti Közlöny 1874–1924.
- Repüléstudományi Közlemények 1989–2021.
- Új Honvédségi Szemle 1991–2021.

A magyar katonai folyóiratok történetéről a *Katonai Logisztikában* olvashatunk egy kétrészes kiváló tanulmányt.<sup>57</sup> A továbbiakban csak azokról a folyóiratokról írunk részletesebb ismertetést, amelyekből a robbantástechnikával kapcsolatban megjelentetett cikkeket idézünk. A lapokat igyekeztünk a legilletékesebbek, a szerkesztőik által a nyitószámukban megjelent bevezető közleményeik alapján bemutatni.

### 1.3.1. A Honvéd (1867–1873)

1867. augusztus 5-én *A Honvéd* címmel megindult az „első magyar katonai hetilap”. Az újságot katonai szaktekintélyek közreműködésével gróf Bethlen Olivér alezredes szerkesztette. „Az olvasóhoz” címzett lapindítójában az alábbi gondolatokat, terveket fogalmazta meg.

„A fegyelemnek önként alá veti magát a katona, ha látja, hogy oly honfiak által van vezetettve, kikben tudományi képesség párosul hazafiúi szellemmel, és oly zászlót lobogtatnak előtte, melynek megőrzéséhez hozzá van kötve a nemzet becsülete, és mely az elesetteknek szolgálhat ugyan takaróul; de azt elveszteni mind addig, míg csak egy védője marad – nem lehet.

A tudomány pedig adja a tisztnek cselekvés perczében azon önbizalmat, hogy vitéz őt vakon követő seregeit – győzelemre fogja vezetni.

Ezen elvekből kiindulva, lapunk iránya és teendői következők:

1) A honvédelem szervezését oly alapon hozni javaslatba, mely népszerű és megfelel a nemzet geniusának; tehát fellelkesíti a katonát, és ezt megelőzőleg megismertetni az olvasót az ausztriai hadsereg szervezetének hiányaival, valamint az idegen hadseregek korszerű szervezetével.

<sup>57</sup> Szak Andrea – Druzsinsz József – Szivák Petra – Ott István: A magyar katonai folyóiratok történeti áttekintése I. rész. *Katonai Logisztika*, (2019), 1–2. 279–302.; Szak Andrea – Druzsinsz József – Szivák Petra: A magyar katonai folyóiratok történeti áttekintése II. rész. *Katonai Logisztika*, (2019), 4. 248–269.



Ez alkalommal pedig kinyilatkoztatom, hogy kimondandó és »tényekre alapuló igazságokban senki sértést vagy szándékos izgatást ne keressen« mert távol tőlünk azon szándék, személyeket sérteni vagy mások által sértetni. Mi elveket támadunk meg, elvek ellen küzdünk, és valamint kötelességünknek tartjuk lapunk hasábjait az osztrák hadirendszer megtámadóinak megnyitni, hasonlóképen szívesen felveszünk minden olyan cikket is, mely azon megrovásokat helyteleneknek vallja, és állítását kellőleg indokolja.

Az eszmecsereből fejlődik a világosság és a világosság fogja felderíteni az igazságot!

2) A hadi tudományt rendszerezve egybefüggő láncolatban ismertetni meg, és mivel mi honvédek 18 év óta más pályákat követtünk, és kevésnek közölünk volt ideje és alkalmunk a hadi tudomány fejlődését és előmenetelét figyelemmel kísérni, célszerűnek tartjuk, könnyebb tárgyakkal kezdeni meg előadásainkat, és számról számra előre haladva, olvasóinkat a nagyobb tudományi szakba belé vezetni; addig pedig a leghíresebb bel- és külföldi kapacitásoktól becses anyagot gyűjteni.

Végül felkérem honvéd bajtársaimat, engem ezen nagy munkámban szellemileg támogatni és jó tanácscsal elősegíteni; journalisták honfitársaimtól pedig előre is elnézésért könyörgök azon számtalan hibákért, melyeket írómodoromban, mint e téren még járatlan, netalán elkövetni fognék, és valahányszor megtámadják írói képességemet, gondolják meg azt, hogy jó az akarat és szent a cél!”<sup>58</sup>

### 1.3.2. *Ludovica Academia Közlönye (1873–1907)*

A magyar katonai szaksajtó első folyóirata az 1873 ősztől havonta megjelenő *Ludovica Academia Közlönye* volt, amely 1907 decemberéig jelent meg (1889-től Ludovika Akadémia Közlönye írásmóddal). A folyóiratot az 1872-től működő „m. kir. honvédségi Ludovica Academia tanári kara szerkesztette és adta ki.” Ugyanitt találjuk az első szám indulásakor megfogalmazott alábbi gondolatokat. „Tisztelt olvasóink- és munkatársainkhoz! Honvédségi intézményünk életbeléptével, annak szellemi továbbfejlesztése érdekében mindinkább égetőszükséggá vált oly szakközlöny létesítése, mely a katonai tudományok minden ágában időnként felmerülő fontosabb mozzanatokot jelezve, ezeknek hű visszhangja legyen; minden lényegesebb hadtudományi kérdést érdemileg fejtegetsen, s minden vívmányként tekinthető katonai szakirodalmi művet behatóan ismertessen, illetőleg bíráljon. [...] E közlöny útján mindenki a hadtudományok összes ágaiban mutatkozó előrehaladásról folyvást értesülhet, anélkül, hogy kényszerülve lenne, a haladási mozzanatok jelző, különböző irányban felmerülő terjedelmes vitákat szakadatlan figyelemmel kísérni, mire úgyis legtöbbször sem ideje, sem elegendő forrásai nem lennének.”<sup>59</sup> A lap címével kapcsolatban érdekességként említjük meg, hogy az intézményt alapító eredeti 1808. évi VII. törvénycikkben, majd az „1872. évi XVI. törvénycikk a magyar

<sup>58</sup> Bethlen Olivér: Az olvasóhoz. *A Honvéd*, 1. (1867), 1. 1.

<sup>59</sup> *Ludovica Academia Közlönye*, (1873), 1. 3–4.

királyi honvédségi Ludovika-Akadémia felállításáról” is ’k’-val és ’é’-vel írta a tisztképző intézet nevét, egyben a két szót kötőjellel választva el. „Az 1808. évi VII. és 1827-dik évi XVII. törvénycikkek értelmében Pesten fölláttatni rendelt magyar katonai intézet »mint magyar királyi honvédségi akadémia állittatik föl, és Ludovika-Akadémia nevet fog viselni.«”<sup>60</sup> Ehhez képest annak folyóirata 1873-ban *Ludovica Academia Közlönye* címmel jelent meg, amelyet aztán 1889-től az 1907-es megszűnéséig *Ludovika Akadémia Közlönye* névre változtattak.

### 1.3.3. Magyar Katonai Közlöny (1908–1930)

A honvédelmi miniszter döntése értelmében 1908-ban indult útjára a *Magyar Katonai Közlöny* (havi folyóirat), amelyet „a m. kir. honvédelmi miniszter kirendelte bizottság” szerkesztett és adott ki. A folyóirat elődjének tekintette a *Ludovika Akadémia Közlönyét*, de nem folytatta annak évfolyamszámozását, hanem mint új folyóirat, új évfolyammal indult. Megjelenése az 1914. évi VI–VII. füzetrel zárult.

Az olvasókhöz írt *Munkatervünk* című első gondolatok között sok, ma is figyelmet érdemlő gondolatról olvashatunk. „A honvédelmi miniszter szélesebb alapra akarván emelni a magyar katonai irodalom ügyét, a »Ludovika Akadémia Közlönye« helyére a »Magyar Katonai Közlöny«-t állította, s folyóiratunkat fokozottabb erkölcsi és anyagi támogatásában részesíti. Az út ugyan meg van törve: de a haladás még nehéz [...]»

A katonai irodalom ápolására és fejlesztésére legelső sorban hivatott tisztikar napjainkban mind számban, mind értelmiségben hatalmasat fejlődött. De hatalmasan fejlődtek a követelmények is, melyeket a mai háborúk a hadseregekre rónak. Amennyiben pedig e fokozott követelményeknek a szellemi, erkölcsi és anyagi erők gyarapításával és kifejtésük elősegítésével felelhetünk csak meg: immár az irány is elénk tárul, melyet a kutatásnak követnie kell. A kutatás és az általa elért eredmények terjesztése közvetlen feladata a katonai irodalomnak [...]»

Az a színvonal, melyre a tisztikar emelkedni képes: megjelöli a hadsereg értékének fokát is. A katonai tudományokkal foglalkozás ma már nem egyesek kiváltsága, feladata, hanem közzükség lévén, gyarapodott a katonai irodalom fejlődésének föltétele is [...]»

A katonai irodalom nemcsak szellemi életünk tükre, hanem a katonai ismeretek terjesztése által további megerősödésünknek és fejlődésünknek hathatós eszköze is. Minthogy áldásos hivatását csak akkor töltheti be, ha tárházának kincseivel minél többet gazdagít, tápláló forrásait minél bővebben buzgó ereken osztja szét: megteremtésén, ápolásán és terjesztésén mindnyájunknak fáradoznunk kell [...]»

A magyar katonai irodalom zsenge fája még gondos ápolásra szorul. Leginkább pedig attól kell óvnunk, hogy a közöny fagya el ne pusztítsa, mert sajnos, ez a veszedelem gátolta fejlődésében, ez fenyegeti ma is. Kevesen szentelik tudásukat, tapasztalatukat és munkásságukat a magyar katonai irodalom ápolásának és fejlesztésének. De talán még

<sup>60</sup> 1872. évi XVI. törvénycikk a magyar királyi honvédségi Ludovika-Akadémia felállításáról, 1. §.

több aggodalmat kelthet az a közöny és nemtörődömség, mellyel a nagy olvasó közönség soraiban oly sűrűn találkozunk [...] Az olvasók köréből gyakran hangzik a panasz, hogy katonai irodalmunk nagyobbára rideg tudományos mezbe öltözött, száraz és hosszadalmas fejtegetésekbe merül, mik az olvasó érdeklődését sokszor nem igen képesek felkölteni és ébren tartani. Lehet némi igazság a dologban. Ámde minden tudomány elválaszthatatlan bizonyos rideg komolyságtól, úgy, hogy nem tekintve a szerző végezte fáradtságos munkát, az olvasótól is megkívánja a türelemnek és kitartásnak bizonyos mértékét [...]

A katonai irodalom terén a folyóiratok teljesítik azt a feladatot, melyet a hadmíveletekben a pontosan működő megbízható földérítő és hírszerző szolgálat végez. Közlönyünk a magyar katonai irodalomnak az a szerve, mellyel a hadügy a való élettel közvetlenül érintkezik; az a kapocs, mely a szellemi életet a gyakorlati élettel összeköti. Feladata tehát, hogy felkutassa és összegyűjtse azon jelenségeket, tüneményeket, tapasztalatokat, eszméket, elveket és újításokat, melyeket a fejlődés utáni törekvés a hadügy terén s a vele szomszédos tájakon életre kelt, fejleszt, alkalmazni igyekszik vagy itt-ott már alkalmaz is.

Feladata, tevékenysége azonban nem merülhet ki a megfigyelése alá rendelt terület szorgos felkutatásában s az anyag összegyűjtésében. Hasznos munkát csak úgy végezhet, ha megbízható anyagot szállít s a szellemi és gyakorlati élet verőerébe tápláló vért önt. Csak így kelthet maga iránt bizalmat, csak így felelhet meg közvetítő feladatának.”<sup>61</sup>

Az I. világháború alatt szünetelt a *Magyar Katonai Közlöny* kiadása. 1920 júliusában folytatódott a havi folyóirat megjelenése. Utolsó számát 1930 decemberében olvashatták az érdeklődők.

#### 1.3.4. Műszaki Szemle (1925–1930)

Az I. világháború tapasztalatai segítették egy új, műszaki irányultságú szakmai folyóirat megjelenésének szükségességét, ahogy az „Olvasóinkhoz!” címzett, szerkesztőségi nyitó írományban olvashatunk erről.

„A világháború után beállott anyagi nehézségek miatt csaknem lehetetlenséggel határos, hogy a külföldi műszaki lapok továbbképző tartalmáról tájékozódhassunk; pedig ennek szükségessége különösen a világháború óta áll fenn, mert bármennyire is hihetetlennek látszik – a világháború volt az, mely hadialkalmazású technikai produktumok versenyszerű felszínre dobásával szinte kikényszerítette a technika gyorsabb ütemű fejlődését és az emberi és állati erő gépi erővel való pótlásának szép és gazdaságos gondolatát a háború utáni időkbe is átültetve, nyomában a technika eddigénél többoldalú alkalmazásának lehetősége kelt életre.

A világháború után a külföldi műszaki lapok megsaporodtak, a már meglevők pedig terjedelmükben megsokszorozódtak, hogy helyet adjanak a technika minden téren való hódítása ismertetésének. Megcsonkított hazánk, ha nem is tétlenül, de minden esetre a nehéz gazdasági viszonyok által is korlátozva, szinte megszédültén, elszigetelten áll

<sup>61</sup> Munkatervünk. *Magyar Katonai Közlöny*, (1908), 1. 1–5.

a technika fejlődésének forgatagában. Nincs oly orgánunk, mely a technika haladásáról rendszeres, általános képet adna, nincs folyóiratunk, mely figyelemmel kísérné a külföld technikai fejlődését és felhívna figyelmünket műszaki folyóiratok értékesebb közleményeire.

Ez áldatlan helyzetben némileg segítő, egyelőre szerény keretek között folyóiratot alapítottunk, hogy a műszaki újdonságok iránt érdeklődő közönséget tájékoztassuk a nem mindennapi technika fejlődéséről – s mert, ha béke is van, a technika megint csak a versenyszerű fegyverkezés központjában áll – az úgynevezett haditechnika, a hadi alkalmazásra szánt technika tárgyi és szellemi terményeit, az azokkal kapcsolatos kérdéseket, egyes hadseregek ez irányú intézkedéseit ismertessük. Olvasóink különösképp fogják találni, hogy programunkba a haditechnikát is felvettük s hogy hasábjainkban leggyakrabban a technika hadivonatkozásával fognak találkozni.

Folyóiratunk ily szellemben való szerkesztésére azon tény adta az impulzust, hogy a külföldi műszaki egyetemeken egyre-másra iktatják a hivatalos tantárgyak közé a haditechnikai tantárgyakat: külső és belső ballisztikát, löveganyagot, löveg szerkesztést, hadivegyészetet stb. tehát nagyjából olyan szaktárgyakat, melyekkel eddig csak a katonák – tüzérek, műszaki csapatok stb. – foglalkoztak, hogy ezáltal mérnökeik képzettségét még szélesebb alapokra fektessék s hogy értékesítsék azon háborús tapasztalatot, mely szerint úgynevezett haditechnika tulajdonképpen nincs, hanem csak a technika hadi alkalmazása, melynek minden mérnök által való elsajátításához igen fontos nemzeti érdekek fűződnek [...]

Műszaki embereink képzettségében elsősorban tehát ezt a hiányt szeretnők pótolni, illetőleg a hadi alkalmazású technika vívmányainak, állapotának és fejlődésének ismertetésével ily irányú képzettségüket bővíteni. Lapunk önálló részét ennek megfelelően legnagyobb részben a hadivonatkozású technikai közleményeknek és a háborúban szerzett ilyenmű tapasztalatok összegyűjtésének szántuk, de figyelemmel leszünk a műszaki világot érdeklő minden műszaki eseményre is, helyet adunk aktuális műszaki kérdések megvitatásának és a műszak-történelemnek is.”<sup>62</sup>

A *Műszaki Szemle* megjelenését a *Technika – a magyar technikusok lapja* is elismeréssel köszöntötte. 1925. évi 9–10. számában ezt olvashatjuk. „Örömmel üdvözljük új köntösében a m. kir. József Műegyetemhez csatolt Technikai Kísérleti Intézet kiadványát, mint a »Technika« testvér lapját. Úgy hisszük, hogy mint azelőtt a »Tájékoztató kivonatok«, úgy most a »Műszaki Szemle« a magyar műszaki világ osztatlan érdeklődését fogja elnyerni. Valóban, az eddig megjelent három szám (Turcsányi Gyula kitűnő szerkesztésében) igazolja, hogy mennyire szüksége van erre a lapra a Trianon által bilincsekbe vert Csonka-Magyarországnak.”<sup>63</sup> Ezzel szemben érdekes, hogy a *Haditechnikai Intézet történetét* feldolgozó, 2005-ben megjelent műben nyomát sem találjuk a kiadványnak.<sup>64</sup> A Haditechnikai Intézet műszaki-tudományos tájékoztató tevékenysége c. fejezetben

<sup>62</sup> Olvasóinkhoz. *Műszaki Szemle*, 1. (1925. augusztus–szeptember), 1–2. 1–2.

<sup>63</sup> *Technika*, (1925), 9–10. 157.

<sup>64</sup> Hajdú Ferenc – Sárhidai Gyula: *A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézettől a HM Technológiai Hivatalig 1920–2005*. Budapest, HM Technológiai Hivatal, 2005.

az 1924-ben megjelent *Tájékoztató Kivonatok* nevű havi kiadványról tesz említést, amely 1927-re „fokozatosan elhalt”. Ezt követően már csak a *Magyar Katonai Szemle* c. szakfolyóirat indítása szerepel, amelyben „összevonták a korábbi kis katonai lapok szerkesztősegeit”.<sup>65</sup> Ugyanakkor Hajdú Ferenc PhD-értekezésében is olvashatjuk, hogy a *Technika* folyóiratban említett *Technikai Kísérleti Intézetet* (amelynek kiadványaként a *Technika* szerkesztősége üdvözölte a *Műszaki Szemlét*) a trianoni korlátozások miatt 1921-ben feloszlott Haditechnikai Intézetből alakították meg, mint „kifelé polgárinak látszó kutatóintézet [...] amely nyíltan – továbbra is – a budapesti József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem kísérleti intézeteként működött. [...] formailag a Valás és Közoktatási Minisztérium alárendeltségébe tartozott, és költségvetését is innen folyósították a Honvédelmi Minisztérium számára ilyen célokra biztosított titkos keretből.”<sup>66</sup> Ezek után elég egy pillantást vetnünk a *Műszaki Szemle* kezdő oldalára, amelyen ez szerepel: a kir. József Műegyetemhez csatolt Technikai Kísérleti Intézet kiadványa. Nehezen érthető, hogy ma vajon miért ennyire titkolnivaló ez a – korában kiváló színvonalú – folyóirat. A főszerkesztő *Turcsányi Gyula* főhadnaggyal egyébként a szintén 1925-ben alapított *Magyar Katonai Írók Köre* rendes tagjai között találkozhatunk.<sup>67</sup>

### 1.3.5. Magyar Katonai Szemle (1931–1944)

Kevés szomorúbb dolog lehet egy folyóirat életében annál, mint amikor a megjelenő utolsó számában kell hírül adnia egy utód folyóirat indulását. A *Műszaki Szemle* 1930. évi 11. számának Levelezés rovatában írta az alábbiakat.

„A m. kir. honvédelmi miniszter úr 11.590/el. – 1930. számú körrendeletével, a fegyveres erő tagjainak hivatásukból kifolyó ismereteik bővítése céljából elrendelte, hogy az eddig külön kiadott »Magyar Katonai Közlöny«, »Műszaki Szemle« és »Gyalogsági Lövésszaki Közlemények« című szakfolyóiratok 1931. január 1-től »Magyar Katonai Szemle« cím alatt egyesítve jelenjenek meg. Az új folyóirat nyolc részből fog állni: 1. Katonai közlemények (az eddigi Magyar Katonai Közlöny); 2. Gyalogsági lövéiskola közleményei (az eddigi Gyalogsági lövészeti közlemények); 3. Műszaki közlemények (az eddigi Műszaki Szemle); 4. Technológiai közlemények; 5. Orvosi közlemények; 6. A Hadtörténelmi Levéltár közleményei; 7. Sportközlemények és 8. Egyéb közlemények.”<sup>68</sup>

Az utolsó, 12. számban a szerkesztőbizottság az alábbi gondolatokkal búcsúzott az olvasóktól. „A Műszaki Szemle jelen utolsó számában helyénvalónak találjuk, hogy olvasóinknak beszámoljunk arról, mennyiben sikerült hat év alatt a magyar haditechnikai irodalomnak a külföldön nevet és elismerést szerezni. Csereviszonyban vagyunk

<sup>65</sup> Hajdú-Sárhidai (2005): i. m. 193.

<sup>66</sup> Hajdú Ferenc: *A Haditechnikai Intézet történetének és működésének vizsgálata 1920-tól 1990-ig*. PhD-értekezés. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, 2009. 23–24.

<sup>67</sup> A Magyar Katonai Írók Köre. *Magyar Katonai Közlöny*, 13. (1925), 497–498.

<sup>68</sup> A Magyar Katonai Szemle megindítása. *Műszaki Szemle*, 6. (1930), 11. 502.

19 külföldi haditechnikai (angol, francia, olasz, német, osztrák, magyar, cseh, bolgár stb.) folyóirattal [...]

Igen sok önálló dolgozatunk jelent meg szó szerinti fordításban, a külföldi szaklapokban. Így a fontosabbak közül a francia Memorial de l'Artillerie Frangaise-ben (a világ legrégibb és legértékesebb tüzérségi folyóirata) megjelentek:<sup>69</sup>

- Cserneczky Béla okl. vegyészmérnök: A robbantó gyutacsokról,
- Cserneczky Béla okl. vm.: Robbantások cseppfolyós levegővel.

A Zeitschrift für Schiess und Sprengstoffwesen-ben:

- Cserneczky Béla okl. vm.: Robbantások cseppfolyós levegővel.

Az olasz Rivista di Artiglieria e Genio-ban:

- Turcsányi Gyula: Az o. m. hadianyagipar lövészer és fegyver-teljesítménye a világháború alatt.

A »Műszaki Szemle« csaknem 2000-nyi kötetre rúgó könyvtára ezután is rendelkezésére áll a haditechnika iránt érdeklődőknek a Haditechnikai Intézet 4000 kötetet számláló könyvtárával együtt.<sup>70</sup> Az egyedüli biztató hír az volt, hogy a *Magyar Katonai Szemle Műszaki Közlemények* rovatát továbbra is *Turcsányi Gyula* (1940-ben már őrnagy) szerkesztette a folyóirat megszűnéséig.

A folyóirattal kapcsolatban érdekesség, hogy 1940-ben kiadásra került egy 44 oldalas *Utasítás a Magyar Katonai Szemle szerkesztésére, kiadására és ügykezelésére* című anyag.<sup>71</sup> Az átlagosan 19 ív (304) oldal terjedelmű havilapban a Haditechnikai rovat 32 oldalt kapott, a rovatvezető kijelölése pedig a Hadiműszaki Törzskar feladata volt.

### 1.3.6. Hadtörténelmi Közlemények (1888–)

A *Hadtörténelmi Közlemények* című folyóiratot a Magyar Tudományos Akadémia alapította 1888-ban „a magyar hadi történetírás fejlesztésére”. Kisebb megszakításokkal azóta folyamatosan fennáll. Napjainkban a Hadtörténelmi Intézet és Múzeum kiadásában évi négy számban, mintegy ezer oldalon teszi közzé a magyar és a kapcsolódó egyetemes hadtörténelem új kutatási eredményeit. Magyarország egyik legrégebbi társadalomtudományi orgánusaként a kezdetektől jelentős szerepet játszik a hazai történetírás fejlődésében, a magyar hadtörténelmi irodalom gazdagításában.

<sup>69</sup> A felsoroltak közül csak a robbantástechnikai vonatkozású tanulmányokat emeltük ki – a szerző.

<sup>70</sup> A Műszaki Szemle megszűnése. *Műszaki Szemle*, 6. (1930), 12. 559–561.

<sup>71</sup> *Utasítás a Magyar Katonai Szemle szerkesztésére, kiadására és ügykezelésére*. Budapest, Honvéd Vezérkar Főnöke, 1940.



### 1.3.7. Rendeleti/Honvédségi Közlöny (1874–1924/1944)

A legrégebbi minisztériumi ágazati közlönyünk a honvédelmi tárca hivatalos lapja, amely első időszakában *Rendeleti Közlöny a Magyar Kir. Honvédség Számára* címmel (közkeletű nevén *Rendeleti Közlöny*) jelent meg. A hetente megjelenő lapot minden honvédségi alosztály, intézet, törzs és zászlóalj közvetlenül megkapta, a honvédség hatáskörébe tartozó egyéb személyek pedig előfizetési díj ellenében megrendelhették. A közlöny használatát betűrendes és számmutatók segítették. Rendszeresen közölt fontosabb tartalmi elemei: miniszteri körrendeletek és utasítások, honvédségi szabályrendeletek és szabályok, szervi határozványok, a tisztek tájékoztatását szolgáló intézkedések, személyi változások, kitüntetések. A közlendők mennyiségének fokozatos növekedése miatt egy idő után nehézkesnek bizonyult a hivatalos lapban történő eligazodás, ezért báró Fejérváry Géza honvédelmi miniszter 1894-től elrendelte „a kezelés egyszerűsítése és az áttekintés megkönnyítése céljából” a közlöny kettéválasztását. Az egyik a *Szabályrendeletek* alcímet viselte – ebben a körrendeletek, szervi határozványok, alapszabályok, értesítések stb. kaptak helyet –, a *Személyes ügyek* alcímű másik lap pedig a kinevezések, áthelyezések, kitüntetések, nyugdíjazások, elbocsátások stb. közlésével foglalkozott. A háborús esztendőkhöz (1914–1918, majd később 1940–1944 között) rendszeresen, teljességgel közölte a harcok során kitüntetettek névsorát. 1917–1920 között ezenkívül még egy melléklapot is kiadtak *Kisközlöny a Rendeleti Közlönyhöz a Magyar Királyi Honvédség számára* címmel. A hivatalos lap 1924. január 1-jétől – hasonló tartalommal és évi 26–35 (1941-től heti egy) szám kiadásával – *Honvédségi Közlöny* címen folytatódott, a *Szabályrendeleteket* és a *Személyes ügyeket* ismét egyben kiadva. A II. világháború alatt ezek ismét különváltak, és újra változtak a címek is: *Honvédségi Közlöny*, *Honvédségi közlöny a Magyar Királyi Honvédség számára*, *Honvédségi rendeletek a Magyar Királyi Honvédség számára*, *Honvédségi rendeletek*. 1945-től *Honvédségi Közlöny a Magyar Honvédség számára*, ill. *Honvédségi Közlöny a Honvédség számára* néven közölte a magyar honvédelemmel kapcsolatos szabályokat, rendeleteket és személyi ügyeket.<sup>72</sup>

### 1.3.8. Honvédorvos (1888–)

A *Honvédorvos* című szakfolyóirat első száma 1888. január 15-ei keltezéssel jelent meg a *Gyógyászat* mellékleteként, mint a *hazai katonaeorvosi intézmény tudományos és társadalmi közlönye*. A kiadványnak kezdetben semmiféle intézményes kapcsolata nem volt a Magyar Királyi Honvédséggel, Kovács József azonban, aki ekkor a *Gyógyászat* egyik szerkesztője volt, elkötelezett híve volt a katonaeorvoslás támogatásának, fejlesztésének, hiszen az 1866-os porosz–osztrák háborúban maga is tábori orvosként szolgált.

<sup>72</sup> <https://adt.arcanum.com/hu/collection/HonvedsegiKozlony/>



A *Honvédorvos* első korszaka az 1914. július 5-én megjelent számával lezárult, és csak a nagy háború után, a gazdasági válságot követő nehéz évek alatt vált lehetővé, hogy a honvédorvosok saját szakmai fórummal rendelkezzenek. 1929-ben indult útjára a periodikum második folyama Franz Géza felelős szerkesztő irányításával, és szolgálta közösségét egészen 1944-ig.

A *Honvédorvos* ma is megjelenő folyamának első száma dr. Merényi Gusztáv orvos vezérőrnagy főszerkesztésével 1949-ben került az érdeklődők kezébe. Az első évben *Honvédorvosi Közlemények* címen, majd 1950–1952 között a *Honvédorvos*, 1953–1956 között a *Katonaorvosi Szemle* és végül 1957-től napjainkig a *Honvédorvos* címet viseli.<sup>73</sup>

### 1.3.9. *Honvéd (1946–1949)*

„A Magyar Szabadságharc Kossuth seregének hivatalos lapjaként indult meg 1848 december 28-án a »Honvéd« újság. Ennek örököse és késői utódja a feltámadt új »Honvéd«. Ez a tény egymagában megszabja hivatását, rendeltetését és szellemét [...]»

A felszabadulás óta több csapattestünk saját szerkesztésében lapot adott ki. Ezenfelül a napi sajtó is sokat foglalkozott honvédségi kérdésekkel. Itt az ideje tehát, hogy saját magunk hallassuk hangunkat. Saját magunk mondjuk el magunkról mindazt, amit a nyilvánosságnak tudnia kell.

A »Honvéd« a demokratikus magyar hadsereg hivatalos lapja és mint ilyen, természetből kifolyólag mentes kell hogy legyen minden pártpolitikától. Ahogy a demokratikus Kossuth hadseregben a társadalom minden rétegének fiai vállvetve és együttesen küzdöttek a magyar szabadság szent eszméjéért és ezzel kivívták a világ elismerését, úgy a magyar ifjú demokrácia társadalmának minden tagja meg kell, hogy találja a helyét és hivatását a mai honvédségben.”<sup>74</sup>

### 1.3.10. *Repülés (1947–1989)*

A *Repülés* című havilap a Magyar Demokratikus Ifjúsági Szövetség (MADISZ) Országos Sportrepülő Központ Hivatalos lapjaként indult, amelyet Rotter Lajos okl. mérnök, pilóta szellemi irányításával Tardos Béla szerkesztett. Utóbb, 1948-ban a Magyar Honvédelmi Szövetség lapja lett. Az alapítás célja az volt, hogy országos lapként a honvédelem részeként bemutassa a repülés, a repülőmodellezés, az ejtőernyőzés hazai és nemzetközi helyzetét, tudósítson sportversenyekről, rendezvényekről, klubokról, sportolókról, folyamatos segítséget adjon az ejtőernyőzés, a repülés oktatásához. 1965-től az ürrepüléssel kapcsolatos hírek ismertetésével nevét *Repülés-ürrepülés*re bővítették.

<sup>73</sup> [www.honvedkorhaz.hu/honvedorvos-katonaorvosi-szakfolyoirat.html](http://www.honvedkorhaz.hu/honvedorvos-katonaorvosi-szakfolyoirat.html)

<sup>74</sup> Bartha Albert: Bajtársak! *Honvéd*, 1. 1946. 1. 3.

Rotter Lajos az induló laphoz az alábbi gondolatokat fűzte. „A Madisz országos sport-repülő központja ezért elhatározta, hogy »Repülés« címen szakfolyóiratot indít, hogy az egyetemes magyar aviatikáért szerény erejéhez mérten, nemcsak tettekkel, hanem a toll fegyverével is síkra szállhasson. Szándékunk önzetlen, az igazi magyar demokrácia és a magyar jövőben való hitünk jegyében hívjuk a »Repülés« szellemi körébe a magyar társadalom azon tagjait, akik úgy érzik, hogy tenni és cselekedni kell repülésügyünk felemelkedése érdekében. Közreműködésüket kérjük is egyben. Lapunk új, nincs régi összeszokott gárdánk, de van hitünk és bízunk abban, hogy hamarosan összetalálkozik az az együttes, amely meg tudja oldani az aviatikai szaksajtó feladatát. Akinek tehát mondanivalója van, az írásba foglalva gondolatait, hozza el hozzánk, mi módot találunk arra, hogy az általános érdekességű cikkek nyilvánosság elé kerüljenek. Ha lennének még kezdetben fogyatékoságai lapunknak, úgy kérünk elnézést és jóindulatot. Minden indulásnál vannak nehézségek. Kérünk azonban tárgyilagos kritikát is olvasóink köréből, hogy lapunk mielőbb úgy kicsiszolódjék, hogy minden igényt kielégítsen.”<sup>75</sup>

### *1.3.11. Katonai Szemle (1952–1959)*

„A havonta kétszer megjelenő Katonai Szemle a kiképzés döntő ágaiban előre irányt fog mutatni és kiképző, oktató elvtársaink mindennapi munkáját főleg módszertani szempontokból fogja megkönnyíteni, előmozdítani. A Katonai Szemle valamennyi fegyvernem oktatóihoz és parancsnokaihoz szól. A részletkiképzési tervezetek összeállításához, a kiképzés ellenőrzésének megszervezéséhez és a kiképzés végrehajtásának olyan részleteihez akar gyakorlati segítséget nyújtani, amelyeknél a csapatok nehézségekkel küzdenek...”

Folyóiratunk a csapatoknál és alegységeknél felmerülő oktatási, nevelési stb. problémák megoldásának elősegítése céljából közvetlen és élénk kapcsolatot fog teremteni olvasóival, a kiválóak tapasztalatainak ismertetésével akarja emelni az oktatás és nevelés általános színvonalát.”<sup>76</sup>

### *1.3.12. Lobogó (1959–1979)*

„Új lap hasábjain köszöntjük az olvasót. A mai naptól kezdve minden héten megjelenik a Lobogó. Ha jelszót írnánk erre a jelképül választott »lobogóra«, ez lehetne talán: hazaszeretet – honvédelem [...] A Lobogó hétről hétre bő teret biztosít hasábjain azoknak a főleg technikai sportágaknak – motor- és autósportnak, rádiózásnak, lövészetnek, repülésnek, ejtőernyőzésnek, modellezésnek stb. – amelyeknek test- és tudásfejlesztő értékén túl honvédelmi jelentőségük sem csekély [...] Az említett sportágak jellegéből

<sup>75</sup> Rotter Lajos: Magyar repülők! *Repülés*, 1. (1947), 1. 1.

<sup>76</sup> Olvasóinkhoz! *Katonai Szemle*, 1. (1952), 1. 1.

következően a lap állandóan figyelemmel kívánja kísérni e sportágak technikai eszközeinek hazai és nemzetközi fejlődését [...]

A Lobogó a Magyar Honvédelmi Sportszövetség lapja, de nemcsak az MHS tagjainak szeretne a »lobogója« lenni.”<sup>77</sup>

### *1.3.13. Haditechnikai Szemle/Haditechnika (1956–1981/1982–)*

„Az új haditechnikai folyóirat megindítása jelentős lépés katonai és műszaki irodalmunk fejlődésében. A haditechnika szerepe a hadseregek életében az utolsó évtizedek során hatalmas arányokban megnőtt. Ezzel együtt növekedett a hadmérnökök, haditechnikusok munkájának fontossága. Számunkra is igen fontos, hogy hadseregünk műszaki káderei szakmailag kiválóan képzettek legyenek és műszaki ismereteiket szakadatlanul tovább gyarapítsák [...]

A Haditechnikai Szemle tartson lépést a technika és a tudomány előrehaladásával, adjon helyet hadmérnökeink, haditechnikusaink kutatási és konstrukciós eredményeinek. Nyújtson segítséget a parancsnokok, csapatmérnökök és technikusok munkájához, haditechnikai felszerelésünk előírászerű, céltudatos és gazdaságos felhasználásához, állandó magas harcértéken való tartásához. Járuljon hozzá a többségükben fiatal műszaki káderek látókörének kiszélesítéséhez, alkotó készségének kibontakozásához.

A Haditechnikai Szemle akkor tudja beváltani a hozzá fűzött reményeket, ha sikerül az olvasók táborából egy olyan aktívát kialakítani, amely a folyóiratot összeköti a haditechnika alkalmazóival, felhasználóival: a néphadsereg egész személyi állományával.

A Haditechnikai Szemlét azzal bocsátom útjára, hogy váltsa valóra e felsorolt célkitűzéseket, erősítse hadseregünk műszaki szolgálatát.”<sup>78</sup>

### *1.3.14. Honvédségi Szemle (1960–2013)*

„Új, havonta megjelenő folyóiratot kapnak kezükhöz a tisztek és hivatásos tiszthelyettesek a Honvédségi Szemlével [...]

A Honvédségi Szemle alapvető feladata, hogy a hadsereg személyi állománya előtt álló feladatoknak megfelelően a tiszteknek és tiszthelyetteseknek módszertani segítséget nyújtson a harci és politikai kiképzés, valamint a katonai nevelés minden területén. Terjessze az élenjáró tapasztalatokat, bírálja a helytelen módszereket [...]

A Honvédségi Szemlének az eleje tűzött feladatok maradéktalan teljesítése érdekében nagy szüksége van arra, hogy tisztikarunk legyen segítségére cikkekkel, tanulmányokkal, valamint a katonai és politikai kiképzés gyakorlati tapasztalataival foglalkozó írásokkal.”<sup>79</sup>

<sup>77</sup> Szabó István: Köszöntő. *Lobogó*, (1959), 1. 3.

<sup>78</sup> Bata István: A Haditechnikai Szemle megindulásához. *Haditechnikai Szemle*, (1956), 1. 3.

<sup>79</sup> Révész Géza: A Honvédségi Szemlének. *Honvédségi Szemle*, (1960), 1. 3.

### 1.3.15. *Hadtudományi Közlöny (1966–1973)*

A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat Hadtudományi Választmánya 1966-ban indította útjára a lapot. „A hadtudományi ismeretterjesztés első évének eredményei, az országosan megnövekedett igények megnövelték a szakosztályaink előtt álló feladatokat. Növelni kell munkánk színvonalát, előtérbe került előadásaink színvonalának emelése, eredményesebbé tétele. Az Országos Választmány ehhez kíván elvi-tartalmi, módszertani segítséget nyújtani a Hadtudományi Közlöny megjelentetésével.

Közlönyünk feladatának tekinti, hogy valamennyi szakcsoport előadóihoz szólva a legfontosabb problémákat érintő tanulmányok, előadásvázlatok, valamint bibliográfiák és tematikák közreadásával segítse az ismeretterjesztő tevékenységet. Fontosnak tartjuk, hogy munkánk színvonalának emelése érdekében országos fórumot teremtsünk szakosztályaink számára, ahol közreadhatják jó tapasztalataikat, beszámolhatnak eredményeikről, megírhatják mindazt, ami országosan is előreviheti a hadtudományi ismeretterjesztés ügyét.”<sup>80</sup>

### 1.3.16. *Magyar Honvéd (1990–)*

A *Magyar Honvéd* hetilap indításáról egy egészen furcsa közleményből szerezhetek tudomást az olvasók. Körömi Miklós olvasó fordult az alábbi levélben egy előfizetett folyóirat szerkesztőségéhez. „Most jöttem rá, hogy eltűnt egy PONT! – Ez bizony az olvasók körében, nem számít jó pontnak, bárhogya is magyarázható...”

Mint nyugállományú katonatiszt, a hajdani NÉPHADSEREG után – amelynek levelező »bedolgozója« is voltam – én is megrendeltem az elmúlt év szeptember 29-én indult lapjukat, a PONT-ot. Türelmesen, sokszor türelmetlenül vártam, amikor legtöbbször megkésve érkezett. Ám ez csak egy dolog... Sajnos, 1990. január 22-én-és a következő napokban hiába vártam a II. évfolyam 3. számú példányát, mert az (csak!) a következő héten, 29-én jelent meg. Egy hetes késéssel. No és csodák csodája, az lett a 3. szám, holott akkor már a 4.-nek kellett volna megjelennie. Tehát eltűnt egy PONT!”<sup>81</sup>

A panaszos levelét közölve az arra adott választ is megírta az újság. „Tisztelt Olvasó! A PONT terjesztésével a jövőben nem lesznek gondjai, mert a lap 1990. február 12-én megjelent számával megszűnt. Ezúton is értesítjük önt, hogy ezentúl a Honvédelmi Minisztérium hetilapja a Magyar Honvéd lesz, amelynek bemutatkozó lapszámát tartja a kezében [...]

A Magyar Honvéd első lapszáma 1990. március 12-i dátummal jelenik meg.”<sup>82</sup>

Ennél érdekesebb beköszöntőt ritkán lehet olvasni!

<sup>80</sup> TIT Hadtudományi Választmány Elnöksége: Beköszöntő. *Hadtudományi Közlöny*, 1 (1966), 1. 5.

<sup>81</sup> Körömi Miklós: Tisztelt Szerkesztőség. *Magyar Honvéd*, (1990), 1. 3.

<sup>82</sup> Körömi (1990): i. m.

### 1.3.17. Katonai Logisztika (1968–)

A *Katonai Logisztika* című folyóirat elődjének tekintett *Hadtápbiztosítás* című, negyedévente megjelenő belső kiadványt a Magyar Néphadsereg Hadtápfőnöksége adta ki 1968–1989 között. A rendszerváltozás után, 1993-ban jelent meg a Magyar Honvédség Anyagi-Technikai Főcsoportfőnökség kiadványaként *Katonai Logisztika* néven az új folyóirat. Jelenleg a Magyar Katonai Logisztikai Egyesület gondozásában olvashatók a lap online számai.<sup>83</sup>

### 1.3.18. Repüléstudományi Közlemények (1989–)

A *Repüléstudományi Közlemények* című online folyóirat a Nemzeti Közzolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Intézet, illetve jogelődjei által alapított folyóiratának jogutódja, repüléstudományi tematikus online kiadványa. 1989–1993 között *Tudományos Kiképzési Közlemények*, 1994–1996 között pedig *Repüléstudományi és Kiképzési Közlemények* címmel jelent meg.<sup>84</sup>

### 1.3.19. Új Honvédségi Szemle (1991–)

„Régi-új folyóiratot tart most a kezében, lapozhat, olvashat. Természetesen mindez magyarázatra szorul. Ugyanis az történt, hogy a hadsereg tagjai számára korábban megjelent két elméleti folyóirat, a *Honvédségi Szemle* és a *Honvédelem* összevonásra került [...]

Elképzeléseink, meggyőződésünk szerint az Új Honvédségi Szemle a két korábbi kiadvány jogutódjaként kell, hogy funkcionáljon, vállalva az elődök minden valóban közérdeklődésre számot tartó, tartalmasan informáló jellegét [...]

Mindenekelőtt a Magyar Honvédség hivatásos állományának elméleti-módszertani folyóirata kíván lenni, szól a hadsereg legfelsőbb vezetésétől egészen az alegységparancsnokokig [...] Kiemelt funkciója: a Magyar Honvédség vezetésének orgánuma a hivatásos állomány hadtudományi tájékoztatására, szakmai fejlődésének növelésére, a haderő időszerű feladatai megoldásának elősegítésére. A hivatásos katonák sajtóforumaként funkcionál, lehetőséget biztosít a hazai és a nemzetközi hadtudományi, hadművészeti, kiképzési-nevelési kutatómunka eredményeinek publikálására. Fő profilja a mindenkori katonapolitika, hadtudomány, hadművészet, harcászati, kiképzési, felkészítési kérdések legjellegzőbb sajátosságainak bemutatása [...] Állandó és alkalmanként megjelenő rovatokkal dolgozik. Az alappilléreket a katonapolitika, a hadtudomány, a hadművészet, a harcászat-kiképzés alkotja. Rendszeresen beszámol – külföldi folyóiratok szemlézése

<sup>83</sup> [www.mkle.net/katonai-logisztika/](http://www.mkle.net/katonai-logisztika/)

<sup>84</sup> [www.repulestudomany.hu](http://www.repulestudomany.hu)

alapján – más hadseregek tapasztalatairól, a haditechnikai fejlesztés legfrissebb eredményeiről. Fórum rovatában helyet ad az olvasói véleményeknek, az alkotó vitáknak.”<sup>85</sup>

### 1.3.20. *Hadtudomány (1991–)*

„Az 1990-ben megalakult Magyar Hadtudományi Társaság útjára indítja folyóiratát, a *Hadtudományt*. Folyóiratunkat azzal a szándékkal adjuk közre, hogy ezzel is tovább erősítsük kapcsolatainkat a magyar tudományos élettel, s ezzel együtt forduljunk mindazokhoz, akik érdeklődnek a hadtudomány, a hadművészet, illetve a biztonságpolitika és a honvédelmi politika napirendre kerülő, egyre izgalmasabb kérdései és kihívásai iránt [...]

Meggyőződésünk, hogy az előttünk álló honvédelmi feladatok megoldásához – más tudományterületek kutatóival együtt – egyre nagyobb szükség van a magasan felkészült és elkötelezett hadtudományi kutatókra [...] Őszintén szeretnénk, ha folyóiratunk elismert fóruma lenne a magyar tudományos életnek, a hadtudomány kérdéseivel foglalkozó kutatóknak, szakembereknek és az olvasóknak egyaránt.

Folyóiratunk hozzá kíván járulni a magyar hadtudomány további fejlesztéséhez, a biztonságpolitika és a honvédelmi politika alakításához. A hadtudomány különböző területein a lehetőségeinek megfelelően segíteni kívánja a tudományos gondolkodás fejlődését, a honvédelem állami feladatainak teljesítését.

A Magyar Tudományi Társaság nevében a folyóirat szerkesztőbizottsága tisztelettel kéri tudományos életünk jeles képviselőinek segítő támogatását, őszinte érdeklődéssel várva a szakemberek, valamint az olvasók jobbitó szándékú észrevételeit és javaslatait.”<sup>86</sup>

### 1.3.21. *Műszaki Katonai Közlöny (1991–)*<sup>87</sup>

Az utolsóként bemutatandó katonai szakfolyóiratról – személyes érintettség okán is – részletesebben szólunk.

1922. november 4-én jelent meg a *Rendeleti Közlöny* 55. számában a 23786/el. 1922. számú Kőrendelet a *Műszaki Katonai Közlöny* alapításáról.

<sup>85</sup> Új Honvédségi Szemle szerkesztősége: Tisztelt Olvasó! *Új Honvédségi Szemle*, (1991), 1. 1–2.

<sup>86</sup> Simon Sándor: Beköszöntő. *Hadtudomány*, (1991), 1. 3–4.

<sup>87</sup> <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk>



55. szám.  
1922. november 4.



SZABÁLYRENDELETEK

# RENDELETI KÖZLÖNY

## A MAGYAR KIRÁLYI HONVÉDSÉG SZÁMÁRA

### 23786/eln. 1922. számú Körrendelet.

Tárgykivonat: *A Műszaki Katonai Közlöny alapítása.*

Azon célból, hogy a technika katonai fontosságát a m. kir. honvédség egyénei minél szélesebb körben megismerjék, továbbá hogy a technikai újításokat és annak fejlődését szemmel tarthassák, a «Műszaki Katonai Közlöny»-t megalapítottam.

A «Műszaki Katonai Közlöny» az általam kinevezett szerkesztő szerkesztésében jelenik meg, — elvileg minden negyed évben.

Felhívom az összes parancsnokságokat, hogy alárendelt tisztjeiket, akik a műszaki kérdések felől tájékozottak és azokkal előszeretettel foglalkoznak, a folyóirat szerkesztésében való közreműködésre és a folyóirat előfizetésére felszólítsák.

A folyóirat előfizetési díjai és a kéziratok nyomdakész állapotban, lehetőleg gépen írottan, ritkított sorokkal, de minden esetben a papírlapoknak csak egyik oldalára írva és minél nagyobb lapszállal a VI/5. osztály címére küldendők be.

A folyóirat előfizetési ára egy évre 240 korona.

Írói tiszteletdíj gyanánt az önálló munkák tiszteletdíját nyomtatott ívenként 1000 koronában állapítottam meg.

A képek és a rajzok díjazása a kinevezett szerkesztő és a szerző között létrejött megállapodás szerint történik.

Fordításokért nyomtatott ívenként 300 korona állapítható meg.

Könyvismertetéseknél nem az ismertetésnek, hanem a könyvnek terjedelmét kell alapul venni. Minden 15×25 cm. nagyságu oldal után 1 korona tiszteletdíj jár. Ha a nyomtatott oldalak nagysága a megadott mérettel nem egyezik, a tiszteletdíj megfelelően módosul.

Kelt Budapesten, 1922. évi október hó 27-én.

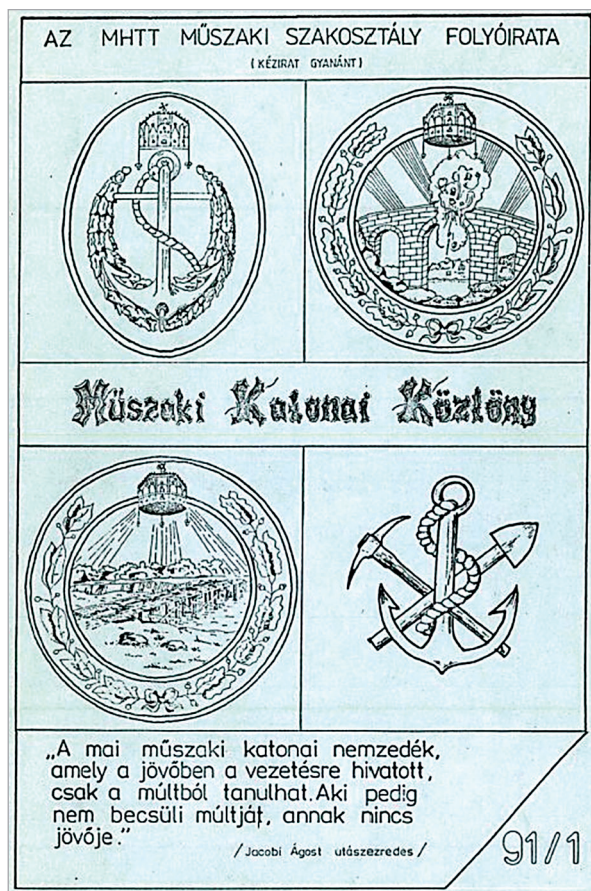
*1. ábra: A Műszaki Katonai Közlönyt alapító körrendelet*

*Forrás: 23786/eln. 1922. számú Körrendelet. Rendeleti Közlöny, (1922. november 4.), 55. 463.*

József főherceg, tábornagy az első számot az alábbi mondatokkal bocsátotta útjára: „Maga a természet végezte a legnagyobb munkálatokat és így alkotta meg országunkat, hogy a mi hivatásunk a békés élet és nem a támadó háború, hanem a körülbástyázott önévélelem [...]”

Ha egyszer erőre kapott lesz e lap, akkor fogják csak látni azok, kik tán ma kételkedőleg veszik kezükbe, hogy mily igen nagy jelentősége van e szakmának.” A lap sajnos nem „kapott erőre”, és összesen egy évfolyamot ért meg.

A magyar katonai felsőoktatás műszaki tisztképzésért felelős szervezeteinél is rendszerváltás következett be az 1990-es években. A Kossuth Lajos Katonai Főiskola Műszaki Szaktanszékének és a Zrínyi Miklós Katonai Akadémia Műszaki Tanszékének oktató kollektívái elődeik szilárd szakmai tudásának bázisára alapozva tudományos műhelyként is kívánták szolgálni szeretett szakmájuk ügyét. Tették ezt többek között azért, mert a Magyar Honvédség szerkezeti átalakítása során eltűntek azok a nagy hagyományokkal rendelkező műszaki szakalegységek és egységek, amelyek korábban, például éves rendszerességgel tartották nagyon hasznos és fontos szakmai továbbképzéseiket, ahol beszámoltak fejlődésükről, a kiképzési és egyéb szakmai feladataik során szerzett új tapasztalataikról.<sup>88</sup>



2. ábra: A Műszaki Katonai Közlöny 1991. évi induló lapszámának címlapja

Forrás: Műszaki Katonai Közlöny, 1991, 1.

<sup>88</sup> Az akkori MH Műszaki Főnökség évente Műszaki Évkönyvben is kiadta ezeket a tanulmányokat.

A kezdő lépést a fenti műszaki tanszékek által létrehívott Magyar Hadtudományi Társaság (MHTT) Műszaki Szakosztálya tette meg. 1991-ben történő megalakulásával egy időben alapította meg szakmai folyóiratát, amelynek – Rása László kollégánk kutatómunkájaként „megtalált”, 1923-ban megjelent elődjéhez hasonlóan – a *Műszaki Katonai Közlöny* nevet adta. Büszke vagyok arra, hogy én vettem fel a szakosztályi szakmai folyóirat életre hívását, és mint ötletgazda egyben megbízást kaptam arra is, hogy szerkeszsem a lapot. Nagy örömmel végeztem ezt a megtisztelő munkát a következő 23 évben. Az első lapszám borítója látható a 2. ábrán.

A kezdetek a mi lapunknak sem ígértek sok jót, hiszen a lelkesedésünkön és az ügy fontosságába vetett hitünkön túl semmi más nem állt rendelkezésünkre. Ezek persze nagyon lényegesek, de egy folyóirat évi négy számának mintegy 100–120 példányban történő megjelentetéséhez némi pénzügyi alap sem árt. Nekünk viszont ez a kezdetektől a mai napig nem volt meg soha. Viszont Vörös István, az akkori Kossuth Lajos Katonai Főiskola Műszaki Szaktanszékének tanszékvezető-helyettese „beajánlott” minket a Honvédelmi Minisztérium nyomdájába, hogy „maradék” papír felhasználásával térítésmentesen mégis megjelenhessen a lap. Attól kezdve ilyen és ehhez hasonló segítséggel tudtuk a nyomdai munkákat elvégeztetni. Aki áttekinti nyomtatásban megjelent lapszámainkat, az szembesülhet azzal, hogy az MHTT Műszaki Szakosztály mellett még kívül, éppen melyik, a kiadást nyomdai szolgáltatással támogató szervezettel közösen jegyeztük az adott évfolyamot: így szerepelt többek között a címlapon a volt Összhaderőnemi Logisztikai és Támogató Parancsnokság, a Műszaki-technikai Szolgálat Főnöksége, a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem (ZMNE) és a ZMNE Bolyai János Katonai Műszaki Kar is.

Az anyagi nehézségek ellenére pedig ez a lap – hála kitartó szerzőinknek, akik valóban magukénak érezték kiadványunkat – valóban „erőre kapott”, és már nemcsak évi négy számot tudtunk kiadni, hanem pluszban tematikus különszámokat is (1993; 1994; 1995; 2001).

1995-ben újabb nagy lépést tettünk előre. Kecskeméthy Klára kolléganőnk az akkori Térképész és Katonaföldrajzi Tanszékről vetette fel, hogy miért nincs ennek a kiváló lapnak ISSN-száma. A kérdést tett követte, az addig megjelent lapszámainkkal felkerestem az Országos Széchényi Könyvtár illetékesét, megkérdezve, hogy mit kell tennünk ennek érdekében. Egy hét múlva Bodrogi László, szakosztályunk elnöke megkapta a hivatalos levelet a *Műszaki Katonai Közlöny* ISSN-számáról. Attól kezdve az új lapszámok megjelenésekor – újabb feladatként – látogatást tettem a kötelespéldányokkal a Várban.

2004 szintén fontos dátum a lap történetében: a Magyar Tudományos Akadémia Hadtudományi Bizottságának mértékadó folyóiratává vált. A XV. évfolyam megjelenése alkalmából Ács Tibor, a Hadtudományi Bizottság akkori elnöke küldött méltató sorokat, amelyekből az alábbi mondatok is biztatást nyújtottak további munkánkhoz.<sup>89</sup>

„Hálásan köszönöm a nekem küldött Műszaki Katonai Közlöny XV. évfolyamának összevont számát, amely diszciplínánk egyik fontos tudományos folyóirata. [...]

<sup>89</sup> Lásd *Műszaki Katonai Közlöny*, 2007. 1–4. 3–4.

Örömmel vettem kézbe és olvastam el ezt a számot, amely az értékes dolgozatok közreadása mellett, megjelentette az elmúlt 15 évfolyam bibliográfiáját is. Ez az áttekintés is bizonyítja, hogy az 1991. március 25-én alakult Magyar Hadtudományi Társaság Műszaki Szakosztály által másfél évtizede életre hívott periodikája [...] értékes írásaival hozzájárult a magyar hadtudomány és a katonai tudományos gondolkodás fejlődéséhez [...]

Nagyon örülök annak, hogy az egyre nehezebb körülmények között is folytatjátok a megkezdett munkát és diszciplinánk minden művelőjének, tudományotok kutatóinak és szakembereinek fórumot biztosítva a lapotok megjelentetésével. A Műszaki Katonai Közlöny cikkeivel eddig is és bízok abban, hogy a jövőben is elősegíti ország védelmünk és haderőnk fejlődését, elismerést szerezve a mértékadó hazai és nemzetközi tudományos körökben.”

**Műszaki Katonai Közlöny**

*A közlőny Online kiadása*

Archívum Legújabb szám

Kezdőlap  
Köszöntő  
Szerkesztőség  
Szerkesztőbizottság  
Impresszum  
Nyomtatványok  
Kapcsolat  
E-mail

**Online megjelenésű számunk 2012. 3. szám**

Kiadja:  
a Nemzeti Közszolgálati Egyetem  
Hadtudományi és  
Honvédtisztképző Kara valamint a  
Magyar Hadtudományi Társaság  
Műszaki Szakosztálya.

A kiadvány tartalma PDF-ben

**Októberi különszámunk 2012.**

Kiadja:  
a Nemzeti Közszolgálati Egyetem  
Hadtudományi és  
Honvédtisztképző Kara valamint a  
Magyar Hadtudományi Társaság  
Műszaki Szakosztálya.

TÁMOP Építményvédelem és  
Robbantásos fémmegmunkálás  
KKT-k

Külszám

A kiadvány tartalma PDF-ben

Műszaki Szakosztály  
Hirei

3. ábra: Az online megjelenő Műszaki Katonai Közlöny nyitóoldala

Forrás: a szerző saját szerkesztése

A biztatásra szükségünk is volt, mivel 2011-ben minden kiskapu bezárult előttünk: a nyomdai munkák költségeit a továbbiakban nem vállalta senki. Egyetlen lehetőségünk maradt, az online megjelenés, amelyhez tárhelyet az újonnan alakult Nemzeti



Közszolgálati Egyetem biztosított. Az új elektronikus lapot viszont nekünk kellett megalkotni,<sup>90</sup> és a XXI. évfolyamtól minden érdeklődő számára elektronikusan váltak elérhetővé szerzőink publikációi a Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar honlapján. Mivel azóta ebben a formában sem érhető már el a kiadvány, emlékeztetőül bemutatjuk a számunkra olyan kedves nyomtatott lapunk címlapját idéző nyitólapot (3. ábra).

Webmail Intranet

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar

Home Oktatás Hallgatók Központok Tudományos élet Kapcsolatok XXXI. OTDK

Főlap ▶ Kiadványok

### Kiadványok

Alább láthatják az NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, valamint a Stratégiai Védelmi Kutató Központ kiadványait. Az oszlopfejre kattintva válthatnak a lista rendezettségén. A **Találatok** oszlop az adott dokumentum eddigi olvasóinak számát jelzi.

A lista alatt tematikus csoportosításban is megtekinthetők a dokumentumok.

Tételek #

| Cím                     | Létrehozás dátuma | Találatok |
|-------------------------|-------------------|-----------|
|                         | 2012. június 19   | 856       |
|                         | 2012. április 19  | 1042      |
| Műszaki Katonai Közlöny | 2012. április 19  | 2123      |
|                         | 2012.             | 911       |

4. ábra: A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar online kiadványainak nézettségi mutatója (2012. január–április)

Forrás: a szerző felvétele

Bármilyen kiadvány szerzői, szerkesztői számára fontos visszajelzés az olvasók, érdeklődők száma. Korábban ezzel kapcsolatban csak szóbeli megerősítést, dicséretet kaptunk. A 2012-ben létrejött Nemzeti Közszolgálati Egyetem honlapján viszont az új, elektronikus kiadású egyetemi folyóiratoknál egy olvasói számláló volt segítségünkre ebben.

<sup>90</sup> Lebedy Ágnes munkáját dicséri a szép megjelenés és éveken keresztül az e-folyóirat gondozása.

Úgy gondolom, akkor járok el helyesen, ha ennek bemutatásakor csak a saját lapunknál teszem nyilvánossá a januártól áprilisig gyűjtött adatokat, a másik négy akkori folyóiratnál csak a számszaki eredményeket tartottam meg.

2013-ban a főszerkesztő életében történt jelentős változás. Június 30-ával egy kormányrendelet kapcsán megszűnt a közalkalmazotti jogviszonyom az Egyetemen. Akkor vidéken laktam, és úgy gondoltam, a közvetlen jelenlét nélkül a főszerkesztői munkát nem lehet felelősséggel vállalni. Ezért a XXIII. évfolyam 1. számának összeállításával lezártam életemnek ezt a korszakát, elbúcsúztam az újságtól.<sup>91</sup> Az azt megelőző 22 évről számot adva: a megjelent 53 kiadványunkban 478 cikket, tanulmányt olvashattak az érdeklődők 5671 oldalon.

Még egy feladatomban maradt. A lap nyomtatott számai a leadott kötelespéldányok révén ugyan fellelhetők a Széchényi Könyvtárban, továbbá az Egyetem Központi Könyvtárában és a Hadtörténeti Múzeum Könyvtárában, de a szakma mai művelői számára ez meglehetősen korlátozott hozzáférhetőséget jelentett. Utolsó „ötletként” az akkor ott dolgozó Bakos Tamás kollégáink biztatására 2011 őszén felkerestem a Magyar Honvédség Vezetési és Doktrinális Központ, Doktrinális és Szabályzatfejlesztő Osztály illetékesét, és felajánlottam, hogy a Műszaki Katonai Közlöny I–XXII. évfolyam publikációit jelentessék meg Műszaki Katonai Tudástár néven, DVD-n. Javaslatom meghallgatásra talált, és a lap indulásához hasonló módon „szabad kezet” kaptam a korai, még CONTEX programmal íródott lapszámok digitalizálásához, valamint a kiadvány témajegyzék szerinti rendezéséhez. Így utolsó, közszolgálati munkában töltött évem nyári szabadsága alatt vettem egy szkennert, és jól/rosszul digitalizáltam a korábbi lapszámok általam megőrzött kéziratai alapján a cikkeket. Ennek alapján készült el 2012 végére, Bakos Tamásnak és a Doktrinális és Szabályzatfejlesztő Osztályon dolgozó kollégáinak áldozatos közreműködésével a DVD-kiadvány. Ennek alapján olvashatók ma is a korai számok a Nemzeti Közszolgálati Egyetem *Műszaki Katonai Közlöny* e-folyóiratának archív gyűjteményében.<sup>92</sup>

Örömmel láttuk, hogy a 2002 óta létező, a Miskolci Egyetem, Könyvtár, Levéltár, Múzeum által fejlesztett és működtetett, túlnyomórészt Magyarországon megjelenő tudományos és szakmai folyóiratok tartalomjegyzékeinek kereshetőségét és böngészését lehetővé tevő MATARKA országos szolgáltatásban is feldolgozásra kerültek a *Műszaki Katonai Közlöny* nyomtatásban megjelent lapszámai.<sup>93</sup>

2020-ban még egy fontos esemény történt a lap történetében: a gondosan őrzött, meglévő teljes kollekcióm átadtam az ARCANUM Digitális Tudománytárnak, így ma már arról a felületről is elérhetővé, kutathatóvá váltak a nyomtatott formában megjelent lapszámok szerzőinek publikációi.<sup>94</sup>

Az elmúlt évek azt bizonyítják, hogy az újságunk él, szolgálja a szűkebb műszaki szakma és a kapcsolódó tudományterületek kutatóinak, szakembereinek a fejlődését. Aki a könyvespolcáról leemeli eddig megjelent nyomtatott számainkat vagy elolvassa

<sup>91</sup> Lukács László: Búcsúzó. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23. (2013b), 1. 3–5.

<sup>92</sup> <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/issue/archive>

<sup>93</sup> [https://matarka.hu/szam\\_list.php?fsz=2120](https://matarka.hu/szam_list.php?fsz=2120)

<sup>94</sup> <https://adt.arcanum.com/hu/collection/MuszakiKatonaiKozlony/>

a most már elektronikusan is elérhető cikkeket, az a Magyar Honvédségben az elmúlt több mint 30 évben bekövetkezett változásokat is nyomon tudja követni.

33 év nagy idő egy ember életében is. Egy szűk szakmai közösség, egyedül a szerzők és a szerkesztők tudományos élet iránti alázata, elkötelezettsége által támogatott folyóirataként „megélve” ezt, talán nem tűnik szerénytelenségnek, ha kijelentem: kuriózum, megőrzendő érték. A Hadtudományi Társaság 2019-es vezetőségválasztó taggyűlésére a régi vezetőség által írt beszámolóban egy sort sem olvashattunk az egyik szakosztályuk – akkor XXIX. évfolyamánál tartó – kiadványáról. Ugyanígy az MHTT megalakulásának 30. évfordulója kapcsán is csak az akkor szintén 30 éves *Hadtudományt* említették meg, a „kistestvér” feledésbe merült. Végül is így került „egálba” a lap: megalakulásától kezdve sem támogatást, sem elismerést nem kapott a Társaságtól... Volt főszerkesztőként viszont fontosnak éreztem megemlékezni a kerek évfordulóról a lap 2020. évi 2. számában.<sup>95</sup>

A katonai műszaki szakma szempontjából azonban szakmai múltunk értékes, fontos eleme, és – örömmel látva jelenlegi állapotát – nagyon bízom benne, hogy a jövőben is szakmánk fontos segítője, egyben munkánk hűségese tükre lesz.

Még egy utolsó adalék a lap fontosságáról, a tudományos munkát és az egyetemi létet támogató szerepéről. A Nemzetvédelmi Egyetem megalakulása után a tisztképzés rendszerében is jelentős szervezeti és szakmai változások történtek. 1998-tól kezdődően az a megtiszteltetés ért, hogy 12 éven keresztül tanszékvezetőként is szolgálhattam a műszaki tisztképzés ügyét. Látva, tudva azt, hogy a Magyar Honvédségnél „eltűntek” azok a szervezetek, amelyek a műszaki szakma korábban eredményesen működő szakmai továbbképzéseit szervezték, a Bolyai János Katonai Műszaki Kar Katonai Műszaki Tanszékét próbáltam a szakmai összefogás fórumává, „tudásközpontjává” tenni, ezzel is támogatva a műszaki csapatok munkáját. Most utólag visszatekintve: az a nyolcfős tanszék erején felül teljesítve igyekezett eleget tenni ennek a hatalmas felelősségnek. Az akkreditációs követelményeknek megfelelő létszámú tudományos fokozattal rendelkező (7 PhD, egy egyetemi doktori cím), két egyetemi tanárból, négy egyetemi docensből, egy-egy egyetemi adjunktusból és főiskolai docensből álló tanári kar a felsőoktatás teljes skáláját lefedő oktatási tevékenységért (BSc, MSc, PhD) felelt. A műszaki tisztképzés bázisaként, elődei példájához hűen olyan mérnök-parancsnok szakembereket adott a Magyar Honvédségnek, akik az IFOR/SFOR Magyar Műszaki Kontingensben végzett munkájukkal a térségben szolgáló nemzetközi katonaközösség elismerését is kivívták. Katasztrófavédelmi mérnöki mesterképzési szakot alapított és oktatta a két-éves képzésre jelentkező levelező szakembereket. A Katonai Műszaki Doktori Iskolán a katonai műszaki infrastruktúra elmélete kutatási terület (régőbbi elnevezése szerint tudományszak) alapítása és vezetése is a személyemhez, ezen keresztül a tanszékhez

<sup>95</sup> Lukács László: A Műszaki Katonai Közlöny XXX. évfolyamának köszöntése. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30. (2020a), 2. 5–10



kapcsolódott,<sup>96</sup> és végezetül: az oktatók mellett az Iskola doktorandusz hallgatóinak is nívós publikációs lehetőséget biztosított a tanszéken szerkesztett, ebben az évben már 32 éves Műszaki Katonai Közlöny folyóiratban.

Befejezésül: e kiadványhoz kapcsolódóan megjegyzendő, hogy a *Műszaki Katonai Közlöny* elmúlt 33 évében 135 darab robbantástechnikával kapcsolatos publikáció jelent meg. Ebben nincsenek benne az aknatelepítéssel és aknamentesítéssel kapcsolatos, műszaki zárással foglalkozó cikkek. Közülük sokkal találkozunk majd a monográfia következő fejezeteiben

<sup>96</sup> Bővebben lásd Lukács László: A KMDI Katonai műszaki infrastruktúra elmélete kutatási terület alapítása, elért eredményei és továbbfejlesztésének lehetőségei. In Gócze István – Padányi József (szerk.): *Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában – A katonai műszaki tudományok tudományág időszerű kérdései, aktuális tudományos kutatási eredményei. Oktatói kötet.* Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó, 2023. 203–230.

## 2. Robbantóanyagok a hazai katonai szakfolyóiratokban

A könyvben a honi ipari robbantástechnikában elfogadott terminológiát alapul véve a robbantóanyagokat és a robbantószerkeket összefoglalóan értjük robbantóanyag fogalma alatt. Ezen belül robbantószer a töltet közvetlen iniciálására szolgáló anyag vagy szerkezet.<sup>97</sup> Tesszük ezt azért, mert jelentős eltérés található a vizsgált időszakban a katonai szakterminológiában alkalmazott megnevezésekben.

Az 1899-es *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához*<sup>98</sup> például „robbanó- és gyúszér”-ről ír. Az 1902-es E-23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára<sup>99</sup> „robbantó és gyújtó eszközök és ezek tartozéka”-t említi, míg Schaffer 1903-ban megjelent könyvében<sup>100</sup> „robbantó anyag” fogalma alatt a mai robbantóanyagot értette, és az iniciáláshoz „gyújtószer”-t használ. Ugyancsak 1903-ban Arday<sup>101</sup> a robbantóanyag megnevezést használja.

Az anyagban az egyes fogalmak és anyagok nevei többféle formában és helyesírással szerepelnek. Ennek oka az, hogy az idézett szakirodalmakban így jelentek meg, ezért – a történeti hűség okán – nem alkalmaztuk a ma elfogadott megnevezéseket.<sup>102</sup>

### 2.1. Robbantóanyagokkal kapcsolatos cikkek az 1800-as évek végétől 1945-ig

Az 1867-es kiegyezést követően az Osztrák–Magyar Monarchia egy közös minisztériumot hozott létre, amelynek keretében a két tagállam közös ügyeit külön (közös) külügy-, hadügy- és pénzügyminiszter intézte, annak 1867. december 24. és 1918. december 12. közötti működése alatt. „A közös külügy- és pénzügyminisztérium élén 1870 májusától váltakozva magyar, illetve osztrák miniszter állt. A közös hadügyminisztériumot mindig osztrák tábornok vezette.”<sup>103</sup>

A közös hadseregnek megfelelően mind a robbantóanyagokkal történő ellátás, mind a robbantástechnológia közös volt, a magyar nyelvű szabályzatok az osztrák alapművek fordításai voltak. Az 1928–1929-ben megjelent saját szabályzatunk – természetesen – szintén támaszkodott ezekre a művekre, viszont azoknál sokkal alaposabb, nyugodtan kijelenthetjük, hogy kimondottan magas színvonalú kiadvány volt.

<sup>97</sup> *Robbantástechnikai terminológia*. A robbantástechnika időszerű kérdései, 5. füzet. Budapest, OMBKE Robbantástechnikai Szakbizottság, 1980.

<sup>98</sup> *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához* (1899): i. m. 170.

<sup>99</sup> *E-23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára* (1902): i. m. 95.

<sup>100</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Budapest, Pallas Rt., 1903. 17.

<sup>101</sup> Arday Géza: *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése*. Kassa, Szent Erzsébet Nyomda Részvénytársaság, 1910.

<sup>102</sup> Ahol ezt (a könnyebb érthetőség kedvéért) szükségesnek éreztük, ott lábjegyzetben utalunk a ma ismert megnevezésre.

<sup>103</sup> Enyedi György – Dohy János – Glatz Ferenc – Hollán Zsuzsa (szerk.): *Magyar Nagylexikon*. 11. kötet (Kir-Lem). Budapest, Magyar Nagylexikon Kiadó, 2000. 514.

Az 1800-as években forradalmi változások történtek a robbanóanyagok fejlesztése terén. Szinte az összes, a mai napig önállóan vagy robbanóanyag-keverékben alkalmazott robbanóanyag ebben az időszakban jelent meg:<sup>104</sup>

- 1807: durranóhigany (Alexander John Forsyth);
- 1808: trizinát (Chevreuil);
- 1846: nitrocellulóz (Christian Friedrich Schönbein);
- 1846: nitroglicerín (Ascanio Sobrero);
- 1867: gurdinamit (Alfred Nobel);
- 1875: robbanózelatin (Alfred Nobel);
- 1884: füst nélküli lőpor (Paul Vieille);
- 1884: ammónium-nitrát robbanóanyag (Favier);
- 1871: pikrinsav<sup>105</sup> (Hermann Sprengel);
- 1879: tetril (Michler és Meyer);
- 1888: ballistit – kétbázisú nitroglicerines lőpor (Alfred Nobel);
- 1889: cordit – angol kétbázisú nitroglicerines lőpor (Frederic August Abel és Sir James Dewar);
- 1891: ólom-azid (Curtius);
- 1891: trotil (Carl Haussermann);
- 1891: nitropenta (Tollens);
- 1899: ammonal (George Roth és Richard Escales);
- 1895: folyékony oxigén robbanóanyag (LOX)<sup>106</sup> (Carl Paul Gottfried von Linde);
- 1899: hexogén (Hans Henning) – robbanóanyagként Edmund von Herz szabadalmaztatja 1920-ban.

Alfred Nobel nevét szinte mindenki az első kezelésbiztos robbanóanyag, a dinamit feltalálásával kapcsolatban ismeri. Pedig a másik – ugyancsak 1867-es – találmánya legalább akkora, vagy talán még nagyobb jelentőségű volt a robbantástechnika további alakulásában: ez volt a mai értelemben vett első gyutacs. A gurdinamit feltalálása után ugyanis Nobel egy újabb problémával szembesült: az új robbanóanyaga annyira „biztonságos” volt, hogy a nitroglicerinnél addig alkalmazott és jól bevált gyutacsával nem lehetett iniciálni.

Nobel tehát újból munkához látott, és még abban az évben egy teljes gyutacssorozatot készített 1-től 10-ig terjedő erősséggel. Ezekben a gyutacsokban eltérő tömegű durranóhigany töltetet alkalmazott: a legkisebb mennyiség 0,3 g, a legnagyobb 3,0 g volt. A sorozat 8. tagja, amely 2,0 g töltetet tartalmazott, már elégségesnek bizonyult

<sup>104</sup> Bővebben lásd Lukács (2017b): i. m. 33–36.

<sup>105</sup> Ezzel megteremtődnek a lehetőségek, hogy 1887-ben a francia Eugen Turpin bemutassa a pikrinsav-collodium bázisú melinitet (a francia hadsereg rendszeresítette a Turpin-féle, pikrinsavas robbanóanyag töltetű tűzérési lőszereket). Ezt követően sorban jelentek meg az egyes országokban a pikrinsavas katonai robbanóanyagok, mint az angol lyddite, az orosz silotwor, az Osztrák–Magyar Monarchiában az ekrazit, a japán simoze és a német sprengkorper.

<sup>106</sup> Liquid Oxigene eXplosive.

a dinamittöltet iniciálásához is. A mai napig az ennek megfelelő robbanóerejű ún. 8-as számú vagy 8-as erősségű gyutacsokat alkalmazzák a legelterjedtebben a világon<sup>107</sup> az ún. gyutacsérzékeny robbanóanyagok indításához, függetlenül az azokban alkalmazott alkotóelemektől. Később ezektől az ún. egységes töltésű gyutacsoktól már eltértek, mert azt tapasztalták, hogy még jobb indítóhatás (és nem utolsósorban olcsóbb előállítás) érhető el azzal, ha a lángérzékeny primer robbanóanyag (a durranóhigany) mennyiségét csökkentve, a gyutacs alsó részébe szekunder robbanóanyagot (először pikrinsavat, majd később tetrilt, trotilt stb.) préselnek. Így a primer robbanóanyag indította a gyutacs szekunder töltetét, ez pedig robbantotta a főtöltetet (a mai korszerű gyutacsoknál e két elem közé még egy ún. közvetítő töltetet is beépítenek). Nem elhanyagolható az a szempont sem, hogy a gyutacs sokkal biztonságosabbá is vált a kezelők számára a mechanikai hatásokra is nagyon érzékeny primer robbanóanyag mennyiségének csökkentése miatt. A lényeg viszont változatlan maradt: a 8-as erősségű gyutacs robbanási energiájának egyenlőnek kell lennie 2 g durranóhigany robbanási energiájával!

Az Osztrák–Magyar Monarchia közös hadseregében a lőport (feketelőpor), a dinamitot és 1892-ig a hadi „repesztő-gelatine”-t használták. Ez utóbbi a hadi kormányzat rendelkezése alapján saját fejlesztésű robbanóanyag volt, amely már kis távolságú lövéssel szemben is érzéketlen maradt (ellentétben az egyébként alkalmazott hagyományos „repesztő-gelatine”-nal). Ezt a képességét 96% „repesztő-gelatine” és 4% kámfor megfelelő keverésével érték el. Ennek ellenére 1892 után a katonai gyakorlatban a hadi „robbantó-gelatine”-t ekrazit (pikrinsavas robbanóanyag) váltotta fel, amelynek hatása ugyanakkora volt, mint a dinamité (dynamit), sőt vasszerkezetek robbantása esetén még felül is múlta azt.<sup>108</sup>

Az első katonai szakfolyóirat, a *Ludovica Academia Közlönye* számainak átnézve viszonylag kevés robbantástechnikával foglalkozó cikket találunk. Az „akadémia tanári kara által írt” folyóiratban gyalogsági harcokról és lőfegyverekről, lovasságról, tüzérségről szóló és a kor fegyveres konfliktusait bemutató cikkek, tanulmányok töltik ki az évente 1000 vagy még annál is több oldalon megjelenő lapot. *Robbantásról főleg a szemle rovatban olvashatunk külföldi híradások alapján megjelentetett rövid híreket.* Mindezt abban a korban, amikor – a fenti összefoglalóban is látható módon – forradalmi fejlődés indult el a robbantóanyag-gyártás, -fejlesztés terén, ami – természetszerűen – maga után vonta a robbantási technológiák fejlesztését is. Aki a szakmai fejlődése érdekében mégis pluszinformációkhoz akart ezen a területen jutni, az civil folyóiratok nemegyszer katona szerzők által írt cikkeiből tehette ezt meg.

A folyóirat első robbantással kapcsolatos cikkét *Kobilicz Lajos* honvéd hadnagy írta a dinamitról a *Ludovica Academia Közlönye* 1875-ös számában.<sup>109</sup> A tanulmányban

<sup>107</sup> Minden 8-as erősségű gyutacs robbanási energiájának – függetlenül annak összetételétől, felépítésétől – egyenértékűnek kell lennie 2 gramm durranóhigany robbanási energiájával.

<sup>108</sup> Schaffer (1903): i. m. 37–38.

<sup>109</sup> Kobilicz Lajos: A dynamit. *Ludovica Academia Közlönye*, (1875), 466–473.

a robbanóanyag összetételének ismertetése után az osztrák–magyar hadseregben rendszeresített „dynamit-robbantó lőszer”-ek bemutatása olvasható, úgymint:

- „1. A robbantó bődön, bádogból készített 11" 5" magas és 8" átmérőjű,<sup>110</sup> teljesen elzárt hengerben, szirony-papírhüvelybe borítva 25 font<sup>111</sup> dynamitot tartalmaz;
2. A robbantó szelencze bádogból készített, 2' hosszú és 3" átmérőjű mindkét végén elzárt hengerben; szirony-pírhüvelyekben két egyenlő nagyságú, egyenként 3.5 font, összesen 7 font dynamitot foglal magában.
3. A nagy robbantótöltény 6" hosszú 5/4" vastag s szironypapírból készítve 11 lat<sup>112</sup> dynamitot tartalmaz.
4. A kis robbantótöltény 6" hosszú 1" átmérőjű papírhüvelyben 7 lat<sup>113</sup> dynamitot tartalmaz.”<sup>114</sup>

Érdekesség, hogy a „dynamit-robbantólőszerekhez” háromféle (az 1–3. jelű töltényeknek megfelelő méretű), lemezhengerekben elhelyezett külön gyújtótöltény volt rendszeresítve. A töltetük 25% lőgyapot és 75% nitroglicerín volt, és egy foglalatot is kialakítottak benne a robbantógyutacs számára, amelynek „hossza 1", átmérője  $2\frac{3}{4}$ " veresrézből van készítve, s félig 1 gramm durrhigannyal megtöltve”.<sup>115</sup>

A cikket a dynamit robbanóanyaggal végrehajtható robbantási példák teszik teljessé:

- Ezen belül mélyen bevert cölöpök és folyókban lévő kőszarkantyúk robbantása.
- Szilárd kőzetben történő vágatok robbantással történő kialakítása.
- Vasszerkezetű hidak robbantásánál szerzett tapasztalatok.
- Dán példa alapján, artézi kutak fúrásakor a szilárd kőzetréteg robbantása.

Technikatörténeti érdekességgént mutatjuk be, hogy a robbanóanyagokról a következő szakcikk a *Hölgyfutár* című lapban jelent meg 1877-ben.<sup>116</sup> Ebben a könyvünk 1. fejezetében már említett Freckay János *Találmányok könyve* című munkájának lőporról és lőgyapotról szóló fejezetét<sup>117</sup> idézik „mutatvány”-ként. A tanulmányban foglaltakról az alábbi tartalmi összefoglalót közli a szerző: a lőpor s feltalálása; alkotórészei s gyártása; a lőpor gyulása s égése; hatómódja; tűzijáték; a lőgyapot; egyéb robbanó testek: nitroglicerín, dynamit stb.; a gyújtókupak.

A dynamit iniciálásához szükséges gyutacsok (ezt nevezi gyújtókupaknak) gyártásáról részletes leírást ad. A gyártási folyamat „a rézbádogból való kupakok előállítására,

<sup>110</sup> Az alapegység a láb (foot), jele egy aposztróf ('), ennek 12-ed része a hüvelyk (inch, Zoll vagy magyarosan: col), jele a két aposztróf ("), ez utóbbi 12-ed része a vonal vagy vonás, jele a három aposztróf ("). Andor Csaba: *Mértékegységek*.

<sup>111</sup> 14 kg.

<sup>112</sup> 19,25 dkg.

<sup>113</sup> 12,25 dkg.

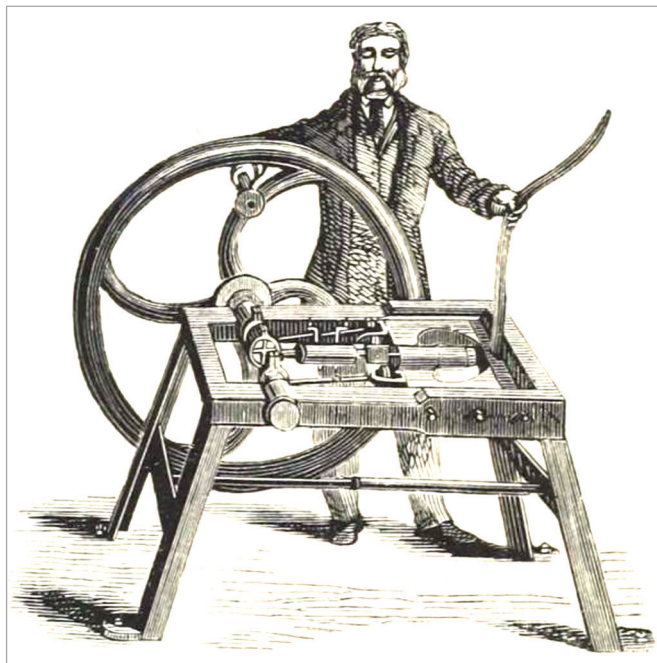
<sup>114</sup> Kobilicz (1875): i. m. 467.

<sup>115</sup> Kobilicz (1875): i. m. 468.

<sup>116</sup> A lőpor s lőgyapot. *Hölgyfutár*, (1877), 29. 230–232. (Freckay János: *Találmányok könyve – Ismeretek a kézmű- és műipar mezejéről II.* Budapest, Franklin-Társulat, 1877. alapján, 305–311.).

<sup>117</sup> Freckay János: *Találmányok könyve – Ismeretek a kézmű- és műipar mezejéről II.* Budapest, Franklin-Társulat, 1877. 305–311.

az elegynek megkeverésére, betöltésére s besajtolására s végül a kész kupakok szárítására s megvizsgálására oszlik”. A „vízirányosan”<sup>118</sup> működő sajtológépben egy ember „10 óra alatt 30.000 kupakot verhet ki”. „A bádogot e czélból előbb vékony, 50 centiméter hosszú szeletekre vágják, melyet a munkás a bélyeg elé tesz. A kiverő kupakok, a hátráló bélyegről lesodorva a gép alatt álló tárlóba hullnak, mire száraz fűrészporban a gép olajának eltávolítása miatt megsűrolják, s százával a töltő deszkán sorakoztatják, mely e czélból a kupakok nagyságának megfelelő likakkal van ellátva. A gyúló elegyet, melynek alkotó részeit s arányait főnebb említettük [a durranó kénesőként írt durranóhigany], a kupakokba töltik, még pedig akképen, hogy egyik töltődeszkát a másik után kupakostól egy fém fődő alá dugják, melyen ugyanannyi lyuk mint a töltődeszkán. A fődő likainak mélysége, s átmérője megfelel, az egy kupaknak való elegy mennyiségnek. A likas fődő s a töltődeszka közt van egy ki-betolható deszka. A fém-fődőt már most eleggyel megtöltik, a közből levő deszkát kihúzzák, s az elegy egyenletesen hull a töltődeszka kupakjaiba. Az egyes kupakok erre sajtó alá kerülnek, mely az elegyet besajtolja s egyszersmind ráveri a kupakra a gyár bélyegét. A kupakokba ekként besajtoló elegyet vékony firniszszel vonják be s mindannyit meghatározott hőmérsékletben több napig lassan szárítgatják.”<sup>119</sup>



5. ábra: Gyűjtőkupakok kiverő gépe

Forrás: Freckay (1877): i. m. 310. 179. ábra

<sup>118</sup> Vízszintesen.

<sup>119</sup> Freckay (1877): i. m. 311.



A dinamitról egy nagyon részletes, négyrészes tanulmányt tett közzé a *Gazdasági Mérnök* nevű civil lap 1877-ben, Speidl Bódog cs. k. mérnökkari hadnagy tollából. A közlemény első részében<sup>120</sup> a „Nobel-féle dynamit” tulajdonságait, minőségvizsgálatát, a belőle készült robbantótöltényeket és felrobbantásának módozatait taglalja példászerű részletességgel. A második rész<sup>121</sup> a dinamit alkalmazásának lehetőségeit ismerteti a sziklarepesztés, szárazföldi és víz alatti munkák során. Külön kitér az elektromos robbantógyutacsok alkalmazhatóságára, a villamos gyújtóhálózatok készítésének szabályaira. A harmadik részben<sup>122</sup> a robbantó furatok helyének és méretének, valamint a bennük elhelyezendő dinamittöltetek tömegének meghatározási szabályairól olvashatunk. A könnyebb érthetőséget példafeladatokkal segíti. Ugyanitt foglalkozik a dinamit olyan különleges körülmények közötti alkalmazásával, mint a víz alatti cölöpök robbantása vagy az elsüllyedt hajók robbantással történő darabolása a kiemelés megkönnyítése végett. Egy konkrét esetről tudósítva megjegyzi, hogy ennél „a töltények egyidejű elrobbantására, a hadmérnöki karnál alkalmazásban levő különleges, roppant gyorsan égő, ólommal vízzáróan bevont gyújtózsineg alkalmaztatott (helyette villamos módon lehet gyújtani)”. A befejező részben<sup>123</sup> – továbbra is a különleges robbantási munkáknál maradva – a dinamittal történő jégrobbantásról, a tuskórobbantásról és a mezőgazdasági célú talajlazító robbantásról értekezik. A cikket a robbantással elvégezhető feladatok árelemzésével és költségkimutatásával zárja. A leírt összes robbantási munkáról kiváló minőségű ábrák is találhatók a tanulmányban.

*Nobel robbanószelatinjáról 1879-ben* szemlézett egy hosszabb közleményt a *Ludovica Academia Közlönye*.

„A »Journal des Débats«-ban Paville a monarchiánkban feltalált új robbanó szerről (kámforos robbanó gelatine) igen érdekes cikket közöl. E cikk szerint Nobel, ismert lőszer-gyáros Zamkyban (Csehországban) a lőgyapotnak oly fajtát talált fel, mely nitroglycerinben teljesen felolvasztható. Gelatin-szerű testet kapunk, mely a nitroglycerint a legerősebb nyomás alatt sem bocsátja ki többé. E robbantó-gelatin ellenáll a víznek, az ütésnek és 70 foknyi hőségnek, de nehezen és tökéletlenül detonál, még ha erős is a gyutacs.

Az új vegyületet bizonyos Trauzl gyáros beható vizsgálat alá vette és addig tett kísérleteket, míg végre oly robbantó anyagot készített, mely Heszt vezérkari százados állítása szerint minden katonai igénynek teljesen megfelel. Készítése abból áll, hogy az explosiv-gelatinba kámfort vegyítünk. Az így előkészített robbantó gelatin áll 4 % kámforból és 96 % közönséges robbantó-gelatinból, mely utóbbi viszont 90 százalék nitro-glycerint és 10 százalék oldható lőgyapotot tartalmaz.

<sup>120</sup> Speidl Bódog: A Nobel-féle dynamit és annak alkalmazása a repesztés technikájának legújabb állása szerint I. *Gazdasági Mérnök*, (1877a), 1. 104–110.

<sup>121</sup> Speidl Bódog: A Nobel-féle dynamit és annak alkalmazása a repesztés technikájának legújabb állása szerint II. *Gazdasági Mérnök*, (1877b), 2. 114–120.

<sup>122</sup> Speidl Bódog: A Nobel-féle dynamit és annak alkalmazása a repesztés technikájának legújabb állása szerint III. *Gazdasági Mérnök*, (1877c), 3. 127–131.

<sup>123</sup> Speidl Bódog: A Nobel-féle dynamit és annak alkalmazása a repesztés technikájának legújabb állása szerint IV. *Gazdasági Mérnök*, (1877d), 4. 139–144.

E gelatin-szerű ruganyos, átlátszó világos sárga tömeget késsel lehet vágni. Tömörsege 1.6. Ha szabad levegőn meggyújtjuk, úgy ég, mint a dynamit vagy mint a száraz lőgyapot. Csak rendkívül magas hőfoknál fog tüzet. A kámfor hatása világosan felismerhető.

A közönséges explosiv-gelatin körülbelül 200 foknál robban; kámforral vegyítve már oly hőfokra van szüksége, mely az eddigi eszközökkel meg sem mérhető. Az új vegyíték minden ütésre érzéketlen marad; még közvetlen közelből rálőtt puskagolyó sem gyújtja föl. Robbanó ereje sokkal nagyobb, mint legjobb dynamité és a cromprimált lőgyapot sem versenyezhet vele.

Fedél nélkül 48 óráig minden változás nélkül elfekszik vízben. Fagyott állapotban szilárd kandli-cukorhoz hasonló tömeget képez és ilyenkor mechanicus behatások iránt fogékonyabb. Felolvasztva megint visszanyeri korábbi tulajdonságait. Ha explodál, kevesebb füstöt ad, mint a dynamit s a hang tisztább és világosabb. A kámforos robbanó gelatine felrobbantására rendkívül erős hatású gyutacs igényeltetik. E gyutacs töltése következően készíttetik. Gyapotra kénsav öntetik, mi által fehér, lőporszerű anyagot nyerünk, amely hydrocellulosának neveztetik. Siersch és Roth vegyészek hydrocellulosának salétromsavval való vegyítése által a rendkívüli robbantó hatással bíró nitrohydro-cellulosát állították elő; 60 százalék nitro-glycerinnel keverve e nitro hydro cellulosá kitűnő robbantó gyutacs-töltést képez, mely a kámforos robbanó gelatinet is felrobbantja.”<sup>124</sup>

1880-ban az „atlasz-dynamitról” mint új robbanóanyagról szemlézett a folyóirat a *Dingler's Polytechnisches Journal* újság alapján. „Deutz melletti Kalkban a Krebs und Comp gyártelep közelében egy új robbantó anyaggal tétettek kísérletek, az úgynevezett atlasz-dynamittal, mely is a közönséges Ia. minőségű 80 % nitroglycerint tartalmazó dynamitnál hatályosabbnak, sőt a Nobel féle robbantó gelatinnal egyenlő hatásúnak bizonyult. Míg egyenlő súlymennyiségű Ia. dynamit, a robbantásnál az illető ólomlemezén csupán mélyedést idézett elő és szélét elszakította, az atlasz-dynamit az ólomlemez nem csak mélyen benyomta, hanem el is repesztette. A robbanásnál a tüdőre ható képződmények az új robbanó anyagnál nem mutatkoztak; egyik jó tulajdonsága továbbá az atlasz-dynamitnak az is, hogy a legalacsonyabb hévmértéknél is szétrobban, miért is a munkásokra nézve oly veszélyes felengesztés nem szükséges.”<sup>125</sup>

A Nobel-féle kámforos robbanószelatinról – mint egyébként csak katonai alkalmazású robbanóanyagról – az érdeklődő szakemberek megint csak egy civil lap hasábjain olvashattak részletesebben. *Dolecskó Ferenc* az alábbiakat írta erről 1881-ben.<sup>126</sup> „Nem mulaszthatom el, hogy ezen helyen a kámforos repesztő-gelatinról is röviden meg ne emlékezzem, noha ezen repesztő-anyag csak is hadászati célokra készül és ottan van hivatva szerepet játszani. Az intéző magasabb katonai körökben élénk mozgalom indult meg az iránt, hogy az igen érzékeny, veszedelmes és aránylag drága lővőgyapot<sup>127</sup> helyett

<sup>124</sup> Új robbantószer – kámforos robbanó gelatine. *Ludovica Academia Közlönye*, (1879), március. 238–239.

<sup>125</sup> Új robbantóanyag – atlasz-dynamit. *Ludovica Academia Közlönye*, (1880), július. 356.

<sup>126</sup> Dolecskó Ferenc: A dynamit robbantószer tulajdonsága és az avval való bánásmód. *Magyar Mérnök*, 15. (1881a), 5. 396–442.

<sup>127</sup> Nitrocellulóz.

oly repesztő anyagot lehessen khemiai úton előállítani, mely legkevésbé se legyen veszedelmes a közvetlen ütésre nagyobb megrázkódtatásra, de különösen a legközelebbi lövésre is – mely golyóval történik – érzéketlen maradjon. Végre több évi kísérlet után a kámfort találták annak a szernek, melyet ha bizonyos mennyiségű repesztő-gelatinnal keverünk, az külső ütésre nagyobb megrázkódtatásra teljesen érzéketlen lesz annélkül azonban, hogy repesztő képességéből veszítene, sőt hatásosságra túltesz a lövőgyapoton is.

Ezen új robbantó anyag hadi repesztő-gelatin név alatt ismeretes és áll: 4% kámforból és 96% repesztő-gelantinból, ez pedig 90% nitroglycerinből és 10% föloldható lövőgyapotból. Ez kocsonyás, rugalmas áttetsző állományt képez, melyet késsel vághatunk, és melyből a legnagyobb nyomásra sem válik ki a nitroglycerin; színe halaványsárga. Fajsúlya: 1,6. Vízben föl nem olvad, 50–70°C fokig fölmelegítve, legcsekélyebb változást sem lehet rajta észrevenni. 0°C foknál kezd megmerevedni és 10°–15°C foknál megfagy teljesen. Szabadon meggyújtva elég annélkül, hogy fölrobbanna, vagy káros és veszedelmes gázok kifejlenének. 60°C fokon fölül ha lassan hevítjük 300–330°C-fokig egyszerűen süstörögve elég, 10% kámforral kevert repesztő-gelatin lassú hevítésnél föl sem robban hanem lassan föloszlik. Miután ezen új hadi-repesztő-gelatin igen érzéketlen és a mint az eddigi kísérletek bizonyítják, hogy 2 gr. durranó higanynyal töltött gyújtókupak sem volt képes a 4% kámforral kevert repesztő-gelatint teljes robbanásra bírni, ennélfogva hatásosabb gyújtó-töltésről és gyújtó-kupakról kellett gondoskodni.

Az új gyújtó-töltés áll: 60% nitroglycerinből és 40% különösen e célra készített növény rostos-dynamitből (nitro-hydrocellulose) és ennek fölgyújtására szolgál a kettős, vagyis patent gyújtó-kupak, mely 2–5 gr durranó-higanynyal van megtöltve. Repesztő- és gyújtó-töltésül megfagyott kámforos repesztő-gelatint nem szabad használni, hanem azt melegítő palackokban kell meglágyítani.

Az új hadi repesztő-gelatinnal való bánásmódra, töltés készítésre, raktározásra, szállításra és fölgyújtásra nézve stb. ugyan azon rendszabályok érvényesek, melyek a repesztő-gelatinra és a közönséges dynamitokra vannak előírva.”<sup>128</sup> A szerző részletesen bemutatja tanulmányában az abban az időben rendszeresített egyéb dinamittípusokat, kezelésük és szállításuk szabályait, sőt robbantási kísérleti példákkal igazolt hatásukat is. Számítási példákat is közöl közet, fa- és vasszerkezetek, faszerkezetű hidak és szádfalak robbantásához és jégrobbantáshoz. A könnyebb töltetmeghatározást 13 táblázat segíti a tanulmány végén, sőt a töltetszerelési munkák biztonságos végzésére vonatkozóan is útmutatást ad.

A *Ludovica Academia Közlönyében* G. I. aláírással adtak hírt 1881-ben a *sűrített lögyapottal* történő robbantásról. „Legújabban a sűrített lögyapot a robbantásokra mind gyakrabban vétetik alkalmazásba, úgy hogy lassanként a dynamitot egészen ki fogja szorítani. A lögyapot legenyítéséhez nagyobb mennyiségű sav kívántatik, mint a dynamit előállításához; a további előkészítéshez szorgalmasan megmosatik és hydraulicus sajtókban összenyomatik. Kísérletekből kitűnt, hogy a sűrített lögyapot ütődés által meg

<sup>128</sup> Dolecskó (1881a): i. m. 400–401. Dolecskó megjegyzése a cikk lábjegyzetében – bővebb és részletesebb leírását lásd: „Ueber ein neues Kriegs-Sprengmittel” von Philipp Hess. Wien, 1878.

nem gyullad de ha robbanásba hozatik, hatása erősebb mint a dynamité. Különös előnye gyanánt constatáltatott, hogy az időváltozásnak nincsen alávetve, hidegben meg nem merevedik és melegségben vegyelemeket nem izzad, a hideg és meleg tehát vegyalkatán legkevesebbet sem változtat. Mindazon szerencsétlenségek, melyek eddigelé a dynamit töltetek megmelegedése folytán előfordultak, jövőre sűrített lögyapot alkalmazása által el lesznek kerülhetők. Egy más előnye az is, hogy a robbanásnál az egészségnak ártalmas anyagok a lögyapotból – mint a dynamitból – nem fejlődnek ki.”<sup>129</sup>

1883-ban számolt be a *Ludovica Academia Közlönye Zubovics Fedor*<sup>130</sup> honvédhuszár százados találmányáról, amely azóta is komoly hatással van a harccselekményekre: ez volt a mai szárazföldi aknák őse, a „szárazföldi torpedó”. „Zubovics Fedornak a robbanókészülékekkel való foglalkozása nem újabb keletű; már évek előtt tett kísérleteket a feltorlódott jégnek szétrobbantásával, mely kísérletek azonban nem mindig és csak részben sikerültek. A tavalyi év folytán egy találmánya már kiváló fontosnak és czélszerűnek bizonyult, úgy, hogy a közös hadügyminiszter a tulajdonjogot megszerezte. Ezen találmány a szárazföldi torpedo. Eltekintve, hogy nevezett feltaláló a honvéd-tisztikar tagja és magyar ember, érdekesnek véljük ezen találmányt, mint új hadi eszközt is az »Elsas-Loth. Ztg.« nyomán ismertetni.

A szárazföldi torpedo schrapnellszerű négyszögletes lövedék, belső felrobbantókészülékkel ellátva és úgy a föld alatt, mint a vízbe süllyesztve, nemkülönben a föld felületén szabadon hagyva is, felrobbantható. A töltet nagyságához képest 4, 20, 30, 50 és 100 fontos lövedékekből áll és a gyújtás módja szerint megfigyelt, érintő és reálépő torpedokra oszlik, melyek közül elsőt a saját csapat, utóbbiakat pedig az ellenség robbantja fel. Az érintő-torpedo abban különbözik a reálépőtől, hogy míg az első valamely gyanút nem keltő tárgyban (pl. az úton keresztben álló szekérben, vagy kinyitandó ajtón) elhelyezve, ezen tárgy érintése vagy eltávolítása alkalmával robban fel, addig az utóbbi földetlen terepen (hol földözéktárgyak vagy akadályok nincsenek, tehát földetlen síkságon vagy sziklás talajon), a hol az érintő sodronyok el nem rejthetők, használtatik s a gyújtást az ellenség embereinek reálépése eszközül.

Alkalmazás szerint a Zubovics-féle szárazföldi torpedóknál megkülönböztetjük: a repülő aknába használtakat négy fontos töltéssel, az ideiglenes aknáknál használtakat húsz fontos töltéssel és az állandó erődítéseknel használtakat 30, 40, 50 és 100 fontos töltéssel. A tábori-csapatok mindenfelé magukkal viszik s egy-egy öszvérré 24 darab rakható. Valamely műútnak szélességben való elzárására egyetlenegy torpelo elegendő; bizonyos távolságban az út mentén elhelyezett 3 – 4 torpedo az utat hozzáférhetetlenné teszi. A felrobbantott 4 fontos torpedo 7 méternyi átmérőjű körletben mindent elrombol és még 12-13 méternyi átmérőjű körletben is pusztítólag hat.

A szárazföldi torpedokat legfőljebb 4-5 centiméternyire süllyesztik a föld alá, mert töltésük módjánál fogva a föld-töltésre vagy mély süllyesztésre és az arra rakott föld-anyagra, miként a pattogó aknáknál és kő-aknáknál szükség nincsen. A gyújtást

<sup>129</sup> G. I.: A sűrített lögyapot robbantásokra. *Ludovica Academia Közlönye*, (1881), február. 130.

<sup>130</sup> Zubovics Fedor életútjáról részletesebben lásd Kazareczki Noémi: Egy világjáró katona utolsó „bevetése” – Zubovics Fedor (1846–1920) kapitány szerepe az I. világháborúban. *Palócföld*, 62. (2016), 2. 72–81.

mechanikus és nem villamos módon, vagy a torpedó birtokosa önkéntesen vagy ellenfele önkéntelenül és pedig 3, sőt több kilométernyi távolságra is akadály nélkül eszközli.

A torpedó azonban működő képességétől is megfosztható és gyújtó-készülékének szerkezeténél fogva időszerűleg való felrobbanásra is alkalmas. Ami a torpedónak sík és földetlen terepen való elhelyezését, tehát 4-5 centiméternyire a földre való süllyesztését illeti, 60 ember egy négyszögkilométernyi területet 3-4 vonalban rakott 120 aknáival 15 perc alatt hozzáférhetetlenné tehet. Födött terepen, hol a torpedót el nem ássák, hanem fák, bokrok, árkok stb. mögé helyezik el, az elhelyezés még gyorsabb.”<sup>131</sup> A szárazföldi torpedót több ország is megvásárolta a hadserege számára (Svájc, Svédország, Norvégia, Dánia, Szerbia, Törökország, Kína), és ahogy erről később beszámolunk, az Osztrák–Magyar Monarchia is alkalmazta az I. világháborúban.

1887-ben három rövid közleményt is megjelentetett a lap a *melinit* robbanóanyagról. Az 5. füzetben az *Archiv f. Artillerie-u. Genie-Offiziere* lapra hivatkozva ez olvasható. „A mélinite, a lögyapothoz, nytrolycerinhez stb. hasonlólag nitrózás útján carbolsavból készül”, tehát nem más, mint pikrinsav:  $C_6H_2(NO_2)_3OH$ . A görög méli = méz szóból származik, hasonló színe miatt. Eleinte öntött formában alkalmazták bombákban, de mivel „igen mérges gázok (szénsav, cyansav) fejlődnek, mostanában a mélinite-nek étherben való oldatát használják”. Miután ez elpárolog, a szilárd robbanóanyag visszamarad. Fel találója Turpin Jenő. Német források szerint hatása a dynamiténál 8-9%-kal alacsonyabb.

Franciaországban 220 mm-es mozsarakban alkalmazott 110 kg-os, 5 ürméternyi hosszú bombákat töltenek vele, de a szerző ezt cáfolja, mert „ekkora lövedéksúly csak 2.8 ürméternyi hosszúságnak felelne meg”. A bomba kemény talajban 1 m mély és széles tölcseért ütött. „A bomba robbantékai a mélinite-nek túlnyomólag lobbanó hatása miatt igen kicsinyek, mely okból ezen bombáknak (esetleg ürlövedékeknek) csapatok elleni hatása csekély, ha a robbanásnál fejlődő gázoknak (szénsav, cyansav és az öldöklő kéksav<sup>132</sup>) megmérgező hatásától eltekintünk. Nagy hatás várható azonban a függőleges tűztől az eddig bombamentesnek tartott fedezékek ellen.”<sup>133</sup>

A másik hír a *Deutsche Heeres-Zeitung* 1887. 17–40. számaira hivatkozva arról számol be, hogy „a belfort-i szerműhelyben bekövetkezett robbanás következtében – melynek több ember esett áldozatul – a Melinit-bombák használata, melytől a francziák oly sokat vártak, a melyet éppen ez okból oly titokban tartottak kérdésessé vált. Az említett robbanás után keresztülvitt kísérletek azt eredményezték, hogy a nedvesség hozzájárulása folytán a robbanó anyag és a lövedék anyaga közt vegyi egyesülés jött létre, mely a robbanást eredményezte. A kísérletek ezen eredménye folytán Franciaországban most általában nagy az izgatottság, mert attól tartanak, hogy egy szép napon az ország összes Melinit-bomba készletei maguktól felrobbannak.”<sup>134</sup> A harmadik hírben a melinit tüzérségi löszerben való alkalmazásával kapcsolatos francia kísérletekről ír.

<sup>131</sup> B. A.: A Zubovics-féle torpedó. *Ludovica Academia Közlönye*, (1883), január. 99–100.

<sup>132</sup> A keserű mandulához hasonló szagú, illékony, savas hatású folyadék, nagyon erős mérge; a vegyi és a gyógyszeriparban használják (ciánhidrogén, HCN).

<sup>133</sup> A mélinite. *Ludovica Academia Közlönye*, (1887), 5. 505–506.

<sup>134</sup> *Ludovica Academia Közlönye*, (1887), 5. 545.



1888-ban Müller Hugó százados közölt egy alapos tanulmányt *Az újabb robbanó anyagok* címmel.<sup>135</sup> A szerző ebben „a löpornak egy, a modern igényeknek jobban megfelelő indító anyag által való pótlásának szükségessége” tárgyában végzett kutatásai eredményét teszi közzé. Ebben a porosz, francia, német, orosz, osztrák, svéd és angol szakemberek által fejlesztett anyagokat mutatja be. A cikk végén a lőpor robbanásakor keletkező gázok mennyiségének és azok nyomásának meghatározására közöl érdekes számpéldát a szerző.

Ugyancsak 1888-ban jelent meg Scheich László tanulmánya *az Osztrák–Magyar Monarchia (OMM) löporgyártásáról*.<sup>136</sup> Ebben a hadsereg kézilőfegyver-váltásából fakadó problémákat mutatja be a szerző: „a 8 mm. űrméretű hadipuskánál sikerrel alkalmazandó puskaportól követeltetik, miszerint az oly minőségű legyen, hogy 4 gr. puskaapor alkalmazása mellett a lövedéknek indítósebessége legalább 520-530 méter legyen másodpercenként, de a mellett a fejlesztett gázoknak maximalis feszereje a 2300-2500 kilogrammot meg ne haladja”. Az új igényeknek megfelelő löporgyártás lehetőségeiről olvashatunk a cikkben az OMM löporgyárainak bemutatásán keresztül.<sup>137</sup> A lőpor gyártása állami monopólium volt, ahogy a szerző írja: „a lőpor az osztrák-magyar monarchiában, a cs. és kir. katonai kincstár által kezeltetik. A magánhasználatra szükséges vadász és aknalőpor is, a cs. és kir. katonai kincstár bocsátja áruba.” Hogy a gyártást mennyire szigorúan szabályozták, és a mai értelemben vett minőségbiztosítás már akkor is fontos volt, azt az alábbi idézet is bizonyítja: „A löporgyártáshoz csak kis fajsúlylyal bíró fából égetett szén használtatik; a legjobb és leginkább használt szén a galagonyafából (*Rhamus frangula*) égettetik.” A cikk végén egy táblázatban foglalja össze a szerző az abban az időben gyártott lőporok fajtáit és azok főbb jellemzőit.

1889-ben a Colburn's U.S.M.-ből szemlélve a *bellit* robbanóanyagról írt a *Közlöny*. „Angliában A Zamm Károly svéd mérnök által feltalált bellite robbanóanyaggal végeztek hadi használhatósági kísérleteket. A binitrobenzoltól és ammóniumnitráttól készült robbanóanyagból 15 cm hosszú, 2.2 cm vastag, 49 g tömegű töltényeket készítenek.

A robbanó hatás kipróbálására 3.8 kg bellitet helyeztetett el 2 m-nyi mélységben vasúti vágány alatt; a robbanás eredménye 1.75 m mély és 3.5 m átmérőjű tölcser volt; a sínek, sínzékek és talpfák széttörtettek és mindenfelé széthajítottak. A kísérletek bebizonyították a bellite veszélytelen kezelését és azt, hogy csak erős csappantyú által robbantható fel, míg láng, ütés, sőt lőpor felrobbanása nem képesek a bellite robbanását előidézni. Vegyészeti ereje a lőporénál hatszor nagyobb, míg robbanó ereje valamivel nagyobb a dinamiténál.”<sup>138</sup>

Ugyancsak 1889-ben jelent meg újabb hír a *melinit* robbanóanyag katonai alkalmazásáról. „A korábbi hírek ellenére Franciaország a mélinite-bombát felvette a felszerelés közé, a 220 mm-es mozsarak lövedékeinek töltésére. Kétféle lövedék: szabályszerű űrlövedék 610 mm öntöttvas, 98 kg; Mélinite-bomba acézből, 1 m hosszú, 105 kg össztömeg, ebből

<sup>135</sup> Müller Hugó: *Az újabb robbanó anyagok. Ludovica Academia Közlönye*, (1888), 6–7. 556–564.

<sup>136</sup> Scheich László: *A löpornak gyártása. Ludovica Academia Közlönye*, (1888), 10. 772–782.

<sup>137</sup> A hazai löporgyártás történetét részletesebben lásd Lukács (2017b): i. m. 1.3.2. alfejezet, 30–33.

<sup>138</sup> Bellite-kísérletek. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1889), 5. 523.



20 kg a robbanóanyag. A tűzéség kísérleti lövészen bizonyította hatásosságát. Mivel az alapanyagot főleg Németországból szerzik be, és nehezen tudtak elegendő mennyiséget beszerezni, a francia tűzéségi bizottság pótszereket kezdett keresni. Állítólag az ezekből készült »Új Melinite« ugyanazon robbanóerővel bír, mint a régi.»<sup>139</sup>

1890-ben Nobel füst nélküli lőporáról jelent meg három anyag a lapban. Az első kettő a *Szemle rovatban* olvasható rövidhír volt.

„Olaszországban a nettunoi gyakorlótéren folytatott kísérleteket követően a Nobel céggel szerződést kötöttek 300 tonna *balistit* »rövid határidő alatt« történő szállítására, melyet újabb 150 tonna követ. Egy másik szerződés alapján »a kormány megszerezte a jogot az új puskapornak 12 éven át való gyártására, a feltalálónak minden kg után 1 líra 45 prémiumot fizet.«»<sup>140</sup>

„Olaszországban a lövegek számára is elfogadták »az egyforma mennyiségű nitroglycerinből és *collodium-gyapotból álló« lőport. »Levegőn meggyújtva az csendes lánggal és füst nélkül ég el. [...] A gyakorlatban előforduló hőmérsékletváltozások nincsenek befolyással a lőporra. nedvesség ellenében teljesen érzéketlen. [...] Fajsúlya kb. 1.6 [...] megközelítőleg oly nagy, mint a tábori tűzéség nagy szemű lőporáé.« [...] ez a lőpor majdnem füst nélkül ég el. Az elégesi termék víz, szénsav és légeny.»<sup>141</sup>*

A harmadik cikket Müller Hugó őrnagy írta *Füst nélkül robbanó lőkészítmények fejlődése és jövője* címmel.<sup>142</sup> Ebben részletesen bemutatja a feketelőpor, majd a füst nélküli lőpor fejlesztésének lépéseit, ez utóbbi alkalmazási lehetőségeit a gyalogsági és a tűzéségi fegyverekben és hatását a fegyveres harcra. A tanulmány végén érdekes megállapítást tesz a szerző, amely szerint „a füsttelen lőpornak valószínűleg nem igen hosszú idő múlva hatalmas vetélytársai lesznek, azaz tulajdonképpen már jelenleg is vannak, mégpedig a sűrített gázok”. Már élő példaként említi a torpedókat, de „a cseppfolyóssá tett gázok [...] azon lehetőséget nyújtják, hogy lőporok módjára fémhüvelyekbe zárhatók, s így az eddigi lőfegyverek ezentúl is, kevés módosítással megtarthatók lesznek.”<sup>143</sup> A szerzőnek ezeket az utolsó gondolatait az idő nem igazolta.

Szintén a *lőporral foglalkozik Wagner Béla 1892-ben* megjelent cikkében.<sup>144</sup> A tanulmány a szerző által a pozsonyi katonai tudományos egyesületben 1892. február 10-én tartott előadás nyomtatott formában történő megjelentetése. A lőpor kialakulását és fejlődését mutatja be nagy részletességgel a kínai kezdetektől egészen a Nobel által feltalált (nitroglicerín bázisú) füst nélküli lőporig. A komoly kutatómunkán alapuló, ugyanakkor olvasmányos mű utolsó mondatai ma is elgondolkodtatók: „A mint a régi lőpor feltalálása sem hatott gátlólag a művelődés fejlődésére, ép úgy azt az új lőpor sem fogja tehetni, mert a hadművészet minden tökéletesbítése egyúttal előrehaladást jelent a művelődésben

<sup>139</sup> A mélinite bombák. *Ludovika Akadémia Közlönye*, 16. (1889). 1. 113–114.

<sup>140</sup> Füst nélküli lőpor (balistit). *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1890). 359–360.

<sup>141</sup> Nobel szabadalmazott füst nélküli löveg-lőpora. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1890). 432–433.

<sup>142</sup> Müller Hugó: Füst nélkül robbanó lőkészítmények fejlődése és jövője. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1890), 12. 937–948.

<sup>143</sup> Müller (1890): i. m. 432–433.

<sup>144</sup> Wagner Béla: A lőpor fejlődés-története. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1892), 6–7. 600–616.

is. Csak békében gyarapodhatnak a tudományok és a művészetek; a békének pedig egy felkészült sereg a legjobb biztosítója.”

Hogy a kérdést a mai napig nemzetközi szinten is kutatják, arra jó példa volt az ICOHTEC '96 (Symposium of the International Committee for the History of Technology), 23. Nemzetközi Technikatörténeti Konferencia Budapesten 1996. augusztus 7–11. között, ahol „A puszkapor története” szekcióban két nap alatt német, olasz, svéd, görög, kanadai, amerikai, francia, szlovák, angol, ausztrál és magyar kutatók 23 előadást tartottak a témában.

1893-ban egy névtelen szerzőnek a *Revue de famille* című lapban megjelent tanulmányát mutatja be a *Közlöny*, *A dinamit és a robbanóanyagok* címmel.<sup>145</sup> A következőkben néhány, akár ma is érdekes gondolatot idézünk az anyagból.

„Jelen nemzedéknek bizonyára sokkal kevesebb oka van félni a dinamittól vagy a chlor-kalitól, mint 300 évvel ezelőtt félni okuk volt elődeinknek az egyszerű feketelőportól. Háborúbeli alkalmaztatásuktól eltekintve, a modern explosivék tulajdonképpen sokkal hasznosabbaknak, mintsem károsaknak bizonyulnak és nem áll, hogy azok idéznék elő a legöldöklőbb baleseteket; sokkal gyakoribbak és nagyobb számban haláltokozók a gőzkazánok, főképen azonban a bányalég által előidézett robbanások.

[...] mi voltaképen egy explosio? Ama tünetény, mely nyilvánul, midőn jelentékeny térfogatú gáz valamely – arra nézve, hogy elegendő férőhelyet nyerhessen – túlságosan korlátozott térben hirtelen képződve megfelelő tért foglalni, kiterjeszkedni igyekszik. Ez által egy pillanat alatt igen nagy feszerő keletkezik. A gáz feszítő erejével szétrobbantja a kifelé törekvését gátló falazatot, vagy ellenállhatatlanul löki ki a lövedéket, mely útját elzárja. A gáz eme rögtönös kiterjeszkedését dörödlés és erőszakos dinamikai hatások követik. [...] E nem esetleges, hanem előkészített explosióknál egyszerűen ama vegyi reactio használtatik fel, mely igen magas hőfok mellett egy pillanat alatt nagy térfogatot igénylő gázt létesít [...]

A vegyi reakciók által előidézett robbanásoknál mindenkor egyrészt az éleny, másrészt valamely gyúlékony anyag, pl. szén működik. Az éleny ily célra szabad gáz-állapotban nem alkalmaztatik, mert túlságosan nagy térfogatú készülékek volnának szükségesek, a robbanás hatásai pedig kisebbek lennének. Ez okoknál fogva a főanyag-elem – az éleny<sup>146</sup> – kötötten használtatik, ugyanis valamely szilárd anyaggal vagy folyadékkal kombinálva, mint a minő a kálium-nitrát vagy salétrom, a légenyes<sup>147</sup> vagy nitricus sav vagy a chlor-kali.<sup>148</sup> Ez anyagokat, legkiváltképen pedig a salétromot (mely oly régóta használtatik és napjainkig is csaknem minden hadi és ipar-alkalmazásra elégséges volt, az éleny vegytartályaiként tekinthetjük. A robbanás előidézésére szén és kén álladékkal vegyítetnek, a vegyműködés pedig hévközlés vagy ütődés által idéztetik elő. Ez itt röviden említettek képezik voltaképen alapját mindazon robbanóanyagoknak is,

<sup>145</sup> A dinamit és a robbanóanyagok. (Névtelen szerző, „Revue de famille” alapján) *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1893), 3. 324–332.

<sup>146</sup> Az oxigén korabeli neve.

<sup>147</sup> Légeny – szintén az oxigén régies neve.

<sup>148</sup> Potassium Chlorate – kálium-klorát.

melyekről időnként az előfordult anarchista-merényletek alkalmából a napi lapok annyit írtak.”<sup>149</sup>

„Minden robbanó anyagok vegytani elmélete új keletű és az a vegytan és hévvégyszet általános alapelvei szerint főképen Berthelot által formulázott. A robbanási tünetények okszerű megfejtése egészen a múlt század végéig nem sikerült s egyáltalában a robbanást előidéző anyagok felfedezése nagyobbára nem a tudománynak, hanem empirismusnak tulajdonítható.”<sup>150</sup>

„A mi a baleseteket illeti, melyek egyszer-másszor az explosívek alkalmazásánál előfordulnak, azok a legkritikábbak, hogyha ez anyagok okszerűen és kellő vigyázattal kezeltetnek és megjegyzendő, hogy éppen a legtökéletesebb robbantó anyagvegyítékek (dinamit, lögyapot, melinit) azok, melyek legkevésbé veszélyesek.”<sup>151</sup>

„Minthogy a chlor-kali megszerzése könnyű, vegyítékei gyakran használtattak merényletekhez. Ezek egyikét, mely iszonyú hatású és könnyen előállítható, főleg a nihilisták használták bombák töltéseül. A chlor-kali porrá tört czukorral bensőleg elvegyítették, melyre aztán kénsav öntetve az explosio előidéztetik. E végből a mosódott vegyítékekkel telített bomba közepébe üveg csövecske tétetik, mely kénsavat tartalmaz, akként, hogy a csövecske a vetésekor eltörik, minek következtében a kénsav kiszabadul. Ily rendszerűek voltak ama bombák, melyekkel II. Sándor czárt megölték.”<sup>152</sup>

„Egyáltalában különbség teendő a kifejtett dinamikai nyomás és a voltaképeni hatás között. Abból, hogy például a dinamit tízszer oly erős pressiót fejt ki, mint a közönséges löpor, nem kell azt következtetni, hogy hatása is tízszer akkora. A valódi munkamennyiség szempontjából véve (ami az ipar terén a mérvadó tekintet) nem létezik oly robbanó anyag, mely a löporral elért munkaerő háromszorosát túlhaladná. Ez azon tényben leli magyarázatát, hogy a nyomó (feszítő) erő és a propulsio hatásai a valóságban egymással nem egyenlők. Így pl. egy fal, melyet a löpor lökő hatással rombolna le, dinamittal azon anyagoknak, melyek azt képezik, közvetlen szétbontása által omlasztatnék össze. És e különleges hatás fejt meg azt, hogy a dinamit-robbanások áldozatai mindig súlyosabban sebesülvők, mint a minőknek első pillanatra látszanak. Az egész csontrendszer érintetlennek látszhatik és mégis – egészen a csontvelőig – desorganizálva lehet. Legkisebb sebesülés látszata nélkül a szenvedett sérülés gyakran halálos.”<sup>153</sup>

A saját készítésű robbanóanyagokról is ír, és véleménye szerint a készítőjére nagyobb veszélyt jelent. „Tény, hogy eddig a francia anarchisták csakis laboratóriumokból és bányákból lopott robbanó anyagokat alkalmaztak, melyekből vajmi kevés készletök volt és ezentúl is csak kevés lehet. Mi a nihilistákat illeti, ők a chlorát porokat fogadták el, melyeknek könnyű ugyan gyártása, de szerfelett veszélyes kezelése.

A legkisebb középületnek is, melynek falai ha csak egy méternyi vastagok is, levegőbe röpítésére néhány kilogramm dinamit igényeltetnék, oly mennyiség, melyet igen

<sup>149</sup> A dinamit és a robbanóanyagok (1893): i. m. 325.

<sup>150</sup> A dinamit és a robbanóanyagok (1893): i. m. 326.

<sup>151</sup> A dinamit és a robbanóanyagok (1893): i. m. 327.

<sup>152</sup> A dinamit és a robbanóanyagok (1893): i. m. 330.

<sup>153</sup> A dinamit és a robbanóanyagok (1893): i. m. 331.

nehéz büntetlenül összeszerezni, és nagy veszély nélkül szállítani. Ha a robbanó anyagok kocsiban lennének szállíthatók, akkor egyáltalában nem volna szükség dinamitra: elég lenne a közönséges lőpor is.

Az igazat megvallva, a kegyetlen bosszúállások, melyekre az explosívek eszközül használtattak, Orsini merényletétől kezdve egész a Verry-szálló felrobbantásáig a nagy közönségre rendkívül ijesztőleg hatottak. Pedig a modern explosívek még a legelszántabb merénylők kezében is csupán egyénekre – és nem a nagy közönségre – nézve lehetnek veszélyesek és soha sem képezhetnek eszközt arra, hogy romboló hatásuk a társadalomban valóban nagy mérvben pusztító lehessen.”

A fordító a fenti gondolatokhoz az alábbiakat fűzte kiegészítésként.

„Ekként nyilatkozik – nyilván a kedélyek megnyugtására – a fentebb ismertetett értekezés szerzője; legyen szabad azonban nem osztani teljesen biztonsági érzetét. A robbanó anyagok gyártása és kezelése a társadalom egyes rétegeiben sokkal gyorsabban elterjedhet, mintsem talán egyelőre vélhető lenne és habár igaz ugyan, hogy a merényletek minden egyes esetben csakis egynehány – több-kevesebb – egyénre nézve vészesek, tény azonban, hogy a tömegre elérítő hatással vannak.

Talán bekövetkezik azon idő, midőn a robbanó anyagok gyártása állami monopólium lesz, ép úgy, mint jelenleg az a pénzverés és azok visszaélés céljából való gyártása a mennyire csak lehetséges, ép úgy meg fog gátoltatni, mint jelenleg meggátolni igyekeznek a hamis pénz készítését. Ellenkező esetben a vegytan folytonos haladása, a mindinkább általánossá váló ismeretek s a tömegek nem egyszer felizgatott kedélyhangulata könnyen előidézhetik, hogy a robbanó anyagok, mielőtt még néhány év eltelnék, a társadalomra valódi és nagy veszélyt fognak képezni.”<sup>154</sup>

A *Magyar Mérnök* folyóirat 1896-ban tudósít *A robbanószerkek ipara* című, a magyar Guttman Oszkár által írt német nyelvű könyv megjelenéséről.<sup>155</sup> Az (a) aláírással megjelent cikkben a 704 oldalas, 327 ábrát tartalmazó mű kiadásának előzményeiről ezt olvashatjuk: „Ez a könyv húsz év óta az első munka, a mely a gyakorlatban használt összes robbanó szereket minden tekintetben kimerítően tárgyalja. Ebben az időközben a lőgyapotot és a dinamitot nagymértékben tökéletesítették, a füst nélküli lőport felfaltálták, s a robbanó szerek ipara általában véve hatalmasan kifejlődött. A szaklapokban időnként jelentek ugyan meg, bár ritkán erről a szakmáról is értesítések, azonban a Guttmann könyvéhez hasonló, s az egész anyagot elméleti és gyakorlati szempontból alaposan tárgyaló szakmunkát nem mutathatott fel ez idő alatt a műszaki irodalom, s ezért e munka megjelenését méltán üdvözölhetjük.

A mű szerzője húsz év óta vesz részt a robbanó szerek iparának fejlesztésében, s az így szerzett tapasztalatait könyvében közzé is teszi, de csak azon határig, amíg a gyárosok üzleti érdekeit nem csorbitja. Könyvét ekként nem azért írta, hogy abból valaki a robbanó szerek gyártását elsajátítsa, hanem hogy műve a szakembereknek, legyenek azok a robbanó szereknek készítői vagy fogyasztói, megbízható és kimerítő tanácsadóul szolgáljon.

<sup>154</sup> A dinamit és a robbanóanyagok (1893): i. m. 332.

<sup>155</sup> A robbanó szerek ipara. *Magyar Mérnök*, 30. (1896), 4. 168–173.

A szerző, miként előszavában említi, munkáját olyan időben írta, a midőn több államban anarchista merényletek történtek. Ez a körülmény gondolkozóba ejtette, nem jobb volna-e a robbanó szerek ismertetését abbahagynia, de aztán mindinkább meggyőződött arról, hogy a pillanatnyi áramlatok az ily munka megjelenésének nem lehetnek akadályai. A szerző könyve az iparosok részére készült, az anarchisták abban nem találhatnak újdonságot. Minthogy Európában magában több mint 50,000 munkást foglalkoztat már a robbanó szerek ipara, és sok százezerre megy azok száma, akikre nézve a jó és biztos robbanószerek készítése úgy szólván életkérdést képez, azért ezeknek az embereknek érdekében áll, hogy a robbanó szerek iparát a szakirodalomban is méltóan ismertessék. Ezek után még felemlítjük, hogy Guttman könyvében kiváló gondot fordított a felhasznált irodalmi források megnevezésére, ezekről a könyvében egész kimutatást közöl, s mind ezek, mind a saját kutatásai alapján összevontan bár, de mégis kimerítően megírja a robbanó szerek történetét, mely után 24 szakaszban tárgyalja a robbanó szerek nyersanyagait és alkotó részeit, a feketelőport, az ezzel rokon robbanó szereket, a lögyapotot, a többi nitrocelluloze fajokat, a cukornemű robbanó szereket, a nitroglicerint, az aromatikus szénhidrogénemű robbanó szereket, a durranó kénesőt a durranó ezüstöt és aranyat, a dinamitot, a robbantó zselatint és zselatindinamitot, a Sprengel-féle robbanó szereket, a füst nélküli lőpor fajokat, a robbantások módszereit, a robbanó szerek megvizsgálásához való készülékeket, az ily fajta anyagok eltartását és szállítását, a robbanószer-gyárak építését, az ily gyárak és raktárak elektromos világítását, továbbá egyes robbanó szerek hőpróbáját.”<sup>156</sup> Ezt követően a cikk rövid összefoglalókat közöl a fent felsorolt címszavakban szereplő egyes kérdésekről.

A robbanóanyagok *elektromos gyutacsokkal* történő iniciálásáról *Rupčić Györgynek* a Magyar Mérnökből 1897-ben, a Vaskapu-szabályozás robbantási munkáiról szóló cikkében találunk érdekes gondolatokat.<sup>157</sup>

„Jelenleg kétféle gyutacsot használnak, jelesen a) szikrával gyújtó és b) az izzólámpák módjára működő gyutacsot. Mindkettőben 2–2 g durranó kéneső van elhelyezve és mindegyikbe két-két jól szigetelt rézdrót vezet, csak hogy az elsőben a két rézdrót hegyei között mintegy 1/10 mm hézag van, a másodikban pedig a két rézdrót közé rövid platina drótot iktatnak be. Az előbb nevezettekben a villamos áram az 1/10 mm résen szikra alakjában csap át és ily módon gyújtja meg a robbanó anyagot, holott az utóbbiban a villamos áram a közbeigazított platina drót megizzításával robbantja fel az anyagot.”<sup>158</sup>

„Egész kísérleti laboratóriumot állítottam fel, a melyben szakadatlanul kísérleteztünk, a legjobb gyújtómód megállapítása céljából. Végre jó eredményre jutottunk, mielőtt azonban végleges megállapodásunkat ismertetném, vissza kell nyúlnom egy közbenső kísérletre. Mérnökeink egy része határozottan a szikragyújtók mellett foglalt állást, míg egy másik része épp oly hévvel az izzógyutacsokat pártolta. Mivel az izzógyutacsokat galvanikus úton gerjesztett villamossággal szokás felrobbantani és mivel e battériák kezelése kényelmetlenebb, mint a célszerű és a gyakorlat szentesítette dörzsvillamos

<sup>156</sup> A robbanó szerek ipara (1896): i. m. 168–169.

<sup>157</sup> Rupčić György: Részletek a Vaskapu szabályozásáról. *Magyar Mérnök*, (1897), 7. 289–306.

<sup>158</sup> Rupčić (1897): i. m. 293.

gép, az eredetileg egymással küzdő két párt között annak idején a szikragyújtók pártjának javára döntöttem. [...] azonban a felsorolt nehézségek engem is áttereltek a másik pártba, és így [...] kísérletet tettünk az izzógyutacsokkal és a galvanikus battériákkal. [...] tíz aknát szereltünk fel izzógyutacsoskal és azokat egymásután sorba kapcsolva, a két végpólust megfelelő bateriához kapcsoltuk és az aknákat egyszerre sütöttük el. Több kísérlet arról győzött meg, hogy egyes közbenső lövések kimaradnak. Ennek legelfogadhatóbb oka az volt, hogy az izzásra hozandó platinadrótok nem egyforma vastagok és nem egyformán homogének, tehát a gyutacsok érzékenységi foka is igen különböző. Részint a tett rossz tapasztalatok, de még inkább a galvanikus bateriáknak a gyakorlatban és tudatlan munkásokkal való nehézkes kezeléséből eredő bajok ismét visszakergettek bennünket a szikragyújtók táborába.”<sup>159</sup>

1893 után évekig egyáltalán nem találkozunk robbantóanyagokkal foglalkozó cikkel a *Ludovika Akadémia Közönyében*. 1904-ben jelent meg a lap utolsó rövidhíre *Új robbanóanyag Romániában* címmel. „Focsaniban mostanában a vezérkar főnöke és a melléje rendelt bizottság jelenlétében kísérletek folytak egy »galatit«-nak nevezett új robbanó anyaggal [...] A kísérletek még a nyáron e célra épült 4 m. hosszú 2 m. magas és 60 cm. vastag falon hajtottak végre. A töltetet a külső oldalon helyezték el; a hatás kielégítő volt. A vélemény szerint a »galatit« az összes robbanó anyagokat fölülmúlja.

A bizottság megállapította, hogy a »galatit«-tal szétrombolt fal szétrombolásához a német robbanó anyagból »C-88« 8 kiló 100 gr.; »melinitből« 14 kiló 520 grammot kellett volna használni míg »galatit«-ból csak 7 kiló 500 gramm kellett.”<sup>160</sup>

A *Ludovika Akadémia Közönye* örökségét 1908-tól átvevő *Magyar Katonai Közöny* induló számában megfogalmazott célkitűzéseket az 1. fejezetben olvashatjuk. Az 1930-ig megjelent 18 évfolyamban (az I. világháború alatt szünetelt a lap kiadása) a rengeteg, gyalogsági és lovassági támadásról, tüzéségről és löfegyverekről szóló értekezés mellett tanulmányok jelentek meg például a turáni eszméről, a faji harcmodorról, a lovak gázvédelméről és a kutya alkalmazásáról hadicélokra, a francia lovasságnál rendszerezítésre kerülő lándzsáról, továbbá vadászatról és lovasversenyekről szóló híradások, sőt egy, a kopófalkák szaporításával foglalkozó esszé is helyet kapott benne. Robbantóanyagokról, robbantástechnikáról viszont két szemlézett rövidhír található összesen a lapszámokban. Az egyik a *robbantáskor keletkező mérgező gázokról* tudósító rövidhír (a 6. fejezetben foglalkozunk a kérdéssel). A másik az alábbi tartalmú, 1911-ben megjelent tudósítás egy új német robbantási utasítás megjelenéséről. „Az utászcsapat új robbantó utasítást kapott s ez az utasítás lesz valószínűleg irányszabó a vasúti csapatok és a lovasság robbantó munkálatainál is. Az általános alapelveken kívül, a robbantásnál szükséges ténykedések leírását és több példát tartalmaz. Megköveteli, hogy a tisztek a háború változó viszonyai között helyesen vezessék a munkákat, de az altisztek és önkéntesek is képesek legyenek a robbantó töltet összeállítására és egyszerű robbantásoknak önálló végrehajtására. Hogy mennél több alkalom nyíljk robbantásokra, a hatóságoknak és magánvállalatoknak

<sup>159</sup> Rupčić (1897): i. m. 295.

<sup>160</sup> Új robbanó anyag Romániában. *Ludovika Akadémia Közönye*, (1904), 1. 155.



tudtul adták, miszerint efféle munkák szakszerű elvégzése végett az utász-csapatokhoz forduljanak.”<sup>161</sup>

A *Magyar Katonai Közlöny* „érdektelensége” a katonai robbantástechnikával szemben az akkori katonai felső vezetés nézeteit tükrözte a harccselekmények várható megvívásáról. *Port Arthur 1904-es* japán ostromáról tudósítva ezt olvashatjuk a *Budapesti Hírlap novemberi számában*. „A legveszedelmesebb fegyverek egyikének bizonyult Port-Artur ostrománál az akna, a mellyel pedig az európai hadseregeknél már abszolúte nem számolnak. A mineur-csapatokat már csaknem mindenütt föloszlatták, s csak az utászok foglalkoznak mellesleg akna-építéssel. Az oroszok azonban mindig nagy gondot fordítottak az aknaharcra, s Port-Artur ostrománál több ízben hasznát is vették [...] A megfelelő műszaki csapatok hiányát is ugyan érezhették a japánok. Műszaki csapataikat annak idején német mintára szervezték, a vár ostromára tehát nem voltak úgy berendezkedve, mintha például a franciákat vették volna a műszaki csapatok szervezésénél mintául. [...] Az 1870/71-iki francia-német háborúban a németek nem törődtek csak azokkal a várakkal, a melyek hadműveleti vonaluk mentén voltak. A francia-német háború még mindig tanulmányozás tárgya s az ott szerzett tapasztalatok még mindig szabályok, a melyeket a modern államok követni iparkodnak. Azért a közép európai államokban nem vetnek nagy súlyt a várakra [...] A műszaki csapatokat is újjászervezték 1880 óta a német birodalomban, csak utászok vannak, a többi műszaki csapatokat megszüntették. Mi, a kik vakon utánozzuk a németeket s azért egy lépéssel mindig mögöttük vagyunk, szintén átalakítottuk hadmérnöki ezredeinket utász-csapatokká, a melyeknek főhivatása az útépítés és hídverés s csak azután mellékesen az erődítések építése s jókarban tartása. A német, magyar és az osztrák szakembereket ezért természetesen meglepte Port-Artur ostroma.”<sup>162</sup>

A hadvezetés fentebbi döntésének „eredménye” az I. világháború föld alatti aknaharcainak borzalmaiban tükröződött vissza, amikor a szakmailag és szervezetileg felkészületlen magyar műszaki katonáknak a feladat végrehajtásához szükséges szerszámok és felszerelések nélkül kellett helytállniuk az olasz hadszíntér hegyeinek jeges, sziklás meredélyein.<sup>163</sup> Ezért aztán érthetetlen, hogy legalább a világháború után miért nem történt meg e katonai szakfolyóirat hasábjain a tapasztalatok levonása a történelemből. De az 1920–1930 között megjelent lapszámokban sem került erre sor.

Az I. világháború előtti civil lapokban még három, robbantóanyagokkal kapcsolatos érdekes cikket olvashatunk. Az első kettő a már korábban is említett villamos gyutacsok kérdéskörét tárgyalja.

1907-ben jelent meg Schaffer Antalnak egy, a jégrobbantásról szóló tanulmánya.<sup>164</sup> Ebben a töltetek iniciálásánál ír a szikragyújtók és az izzódrótgyújtók alkalmazása során szerzett gyakorlati tapasztalatairól. Az izzódrótgyújtókkal kapcsolatban érdekes megál-

<sup>161</sup> Németország. Új robbanó utasítás. *Magyar Katonai Közlöny*, 4. (1911), 6. 544–545.

<sup>162</sup> Port-Artur – katonai vélemény. *Budapesti Hírlap*, 1904. november 6. 15.

<sup>163</sup> A kérdéssel részletesen foglalkozunk az 5. fejezetben.

<sup>164</sup> Schaffer Antal: Jégrobbantó munkálatok. *Magyar Mérnök és Építész-Egylet Közlönye*, 41. (1907), 11–12. 307–332.

lapításokat tesz: „Az izzódrót-gyújtók elszigetelt rézvezeték drótjait a gyújtótöltelékbe vezetik és a végeit igen finom fémdróttal kötik össze, melyet a villamos áram izzóvá tesz. A használt gyújtóanyag káliumklorát és kénantimonból, továbbá pornemű sajtolt robbantó gyapotból, vagy lisztte tört puskaporból áll. Izzódrótnak csak azon fémdrót alkalmas, melynek nagy vezető ellenállása és kis hőkapacitása van, továbbá nyújthatóságánál fogva vékony drót gyártására használható. Ilyenek a platina, ezüstplatina és irridium-platina. A drótokat vagy egyenesen kifeszítve használják 1/20-1/50 mm vastagságban és 5-12 mm hosszúságban, vagy spirálszerűen meghajlítva; a nagyobb dróthosszúság nagy vezetőellenállást tételez fel; a kisebb, a rézvezeték összekötő helyein, nagy lehűlést okoz. Az egyenes izzódrótok azért célszerűek, mert nehézség nélkül egyenlő hosszúságban készíthetők, ami tekintettel a gyújtóknál szükséges egyenlő ellenállásra, nagyon kívánatos. Spiráldrótoknál a szakadások könnyebben ki is kerülhetők. Megbízható izzógyújtók gyártása igen nehéz és aránylag drága is; különösen bajos nagyobb számú egyenlő ellenállású gyújtót készíteni, miért is célszerűtlen az izzódrót-gyújtókat sorosan kapcsolni, mert bizonytalan az elsülésük.”<sup>165</sup>

A szikragyújtóknál „[a]z elektromos szikra 1-1/5 mm széles gyújtótöltelékkel kitöltött hasítékon ugrik át, miközben több milliónyi ohm ellenállást kell legyőznie. Ezzel szemben a vezeték ellenállásának úgyszólván semmi jelentősége nincsen, ellenben fontos szerepe jut a vezeték gondos elszigetelésének, amennyiben annak legkisebb hibája esetén, a magas feszültségű áram minden kisebb ellenállású mellékkapcsolásnak veszi irányát, s ekként elterelődik a gyújtóktól. Szikragyújtásoknál tehát a vezeték leggondosabb elszigetelésére kell ügyelni, holott a vezeték anyaga kisebb értékű, tehát a legvékonyabb vasdrót is lehet. Az izzódrót-gyújtásnál a bekapcsolt gyújtók nem szakítják meg a külső áramkört mint a szikragyújtók hanem annak vezető alkotórészeit képezik, habár aránylag magasabb az ellenállásuk mint a vezetéké. Ennek az az előnye, hogy a lövések elsütése előtt a külső zárt vezetékkörbe gyengébb áramot bocsáthatunk, mely a gyújtókat izzásba nem hozza s következőleg feldurrantást sem okozhat, de a bekapcsolt galvanoszkop segítségével megállapítható, hogy a vezeték megszakítva nincsen s hogy a gyújtók rendben vannak.

A jégrobbantásokhoz leginkább a Dynamit Nobel részvénytársaság tökéletesbítette s a dörzsölő elektromosság elve szerint szerkesztett Mahler-féle gépet használják, mert nagyobb távolságból történt gyújtásoknál, nedves időben is jól bevált.”<sup>166</sup>

„Az izzódrót gyújtókészülékeknel nagymennyiségű elektromosság, de csak kisfeszültségű áram szükséges. Az elektromosság forrásául szolgálnak galván battériák, magnoelektromos és dynamo-elektromos gépek. [...] A közös hadsereg utászcsapatai elektromos robbantásokra az Ebner-féle javított tábori gyújtógépet használják, Németországban pedig sűrűn alkalmazzák a Bornhardt-félét, melyet legújabban, hatásának emelése céljából, két kondenzátorral szerelnek fel. Mindkettő a dörzsölő elektromosság elve szerint van megszerkesztve.”<sup>167</sup>

<sup>165</sup> Schaffer (1907): i. m. 315.

<sup>166</sup> Schaffer (1907): i. m. 316.

<sup>167</sup> Schaffer (1907): i. m. 317.

Mádai Lajos 1910-es cikkében<sup>168</sup> egyértelműen az izzógyújtós villamos gyutacsok alkalmazása mellett érvel. „Az új rendszerben általában kétféle kivitelben készül a villamos aknagyújtó. Az egyik a szikragyújtó, a másik az izzógyújtó elvén alapszik. A szikragyújtásnál a vezeték folytonossága meg van szakítva és e hézag közé kerül a robbanóanyag. Áramzáraskor a vezeték egyik végéről szikra ugrik át a másikra és e közben a robbanó anyagot meggyújtja. Az izzógyújtásnál a robbanóanyagban elhelyezett nagy ellenállású vezetékdarab áramzáraskor izzásba jön és ezzel egyidejűleg a robbanó anyagot meggyújtja. A szikragyújtó hátránya, hogy mivel a vezető meg van szakítva, használat előtt nem próbálható ki, illetőleg nem győződhetünk meg működésének helyességéről. A szikra előállítására nagy feszültségű áram szükséges, amelynek vezetéke gondos szigetelést kíván. Végül a nagyfeszültségű áram előállítására a dörzs-villamosságot előállító gépet használják, melynek működését a légkör nedvessége nagyon befolyásolja. E hátrányai miatt azután mindinkább kiszorult és helyette az izzógyújtású aknagyújtót alkalmazzák, amelynél az előbb említett hátrányok elesnek. Minthogy a vezeték folytonos, minden robbantás előtt meggyőződhetünk a készülék helyes működéséről olyképpen, hogy a rendesnél kisebb áramerősséggel áramot vezetünk rajta keresztül. A kisfeszültségű áram miatt a vezeték szigetelésére nem kell olyan nagy gondot fordítani.”

A harmadik cikk érdekessége, hogy bár 1899-től a Magyar Honvédség rendszeresített robbanóanyaga volt az *ekrazit*, ennek tulajdonságairól a katonai szakutasítások nagyon kevés információt közölnek. Hogy ez a „szokott” katonai „titokzatoskodás” miatt volt-e így, nem tudjuk. Annyira titkos mégsem lehetett ez a robbanóanyag, mert egy 1912-es napilapban az alábbiak voltak olvashatók róla az *Ismeretterjesztő közlemény a kecskeméti városi vegyvizsgáló állomás laboratóriumából* alcímű cikkben.

„A pikrinsav sóit pikrátoknak nevezzük. Ezen pikrátok jelenleg a legveszedelmesebb robbanó anyagok, amelyek különböző név alatt és különböző összetétel mellett, mint ecrazit, melinit, liddit és a japánok által használt simoze szerepelnek a gyakorlati életben. Egyben azonban mind megegyeznek, hogy alapanyaguk és egyszersmind főalkató részük az olvasztott pikrinsav. Az ecrazit a francia écrasev szótól veszi eredetét, amely annyit jelent, hogy szétzúzni, gyártása – miután államtitkot képez – nem közölhető. Hadvezetőségünk 1892 óta nemcsak a műszaki csapatok robbantásaihoz használja, hanem még dinamit helyett tűzérési lövedék is rendszeresített. A ma használt ecrazit összetétele más, mint az eredetileg 1887-ben a Nobel-féle dinamitgyár által bemutatott és elfogadott ecrazité volt.

Az ecrazit nyers állapotban fénylő, finom, világossárga, szagtalan és kesernyés ízű anyag, mely szabad szemmel sárgásán fénylő, tű alakú, áttetsző kristályoknak látszik, földolgozva törékeny és morzsolható. Egykönnyen lánggal, vagy parázsszal sem nyers, sem pedig feldolgozott állapotban meg nem gyújtható. Nyomással, ütéssel és dörzsöléssel szemben majdnem teljesen érzéketlen, de azért ütéstől dörzsöléstől és különösen por- és fémrészek káros behatásától megóvni igen ajánlatos. Hadseregünkben az ecrazitot a műszaki csapatoknál és a lovasságnál robbantásokra, a tűzérsegnél lobbanó lövedéknek

<sup>168</sup> Máдай Lajos: A villamos akna-gyújtó. *Vállalkozók és Iparosok Lapja*, 1910. december 24. 10.

használgák. E célra másfél kg, 1 kg és fél kg-os robbantó szelencéket, robbanó lőszereket és indító robbantó szelencéket használnak, melyeket robbanó gyutacs (durranó kéneső) segítségével robbantanak fel. A tűzéségnél használt ecrazit lövedéket csakis szilárd tárgyak (torony, várfal stb.) szétrombolására használgák. Az ecrazit robbanó hatását a következő módon állapítják meg: 1.5 m hosszúságú és 22-30 cm keresztmetszetű puha-fagerendákat lefektetnek a keskenyebb oldalukra és pedig 1-1 méter távolságra és 80 cm-re a föld fölött. A gerenda közepére helyezik el az 1 kg-os ecrazit-szelencét, amelyet 2 grm-mos gyutacscsal robbantanak fel. Robbanás után hatását összehasonlítják a 0.78 kg. elsőosztályú gúrdinamittal. Most már az ecrazit robbanó hatását vagy kisebbítik, vagy nagyobbítják, mindaddig, míg a gerendát 3 ízben teljesen áttöri.”<sup>169</sup>

A katonai folyóiratok kiadása a háború alatt szünetelt, a robbantóanyagokkal kapcsolatos ismeretekről azonban három folyóiratban is lehetett cikket találni. *Sztrókay Kálmán* az *Új Idők* hasábjain jelentette meg 1915-ben *Az ekrazit a háborúban* című közleményét.<sup>170</sup> Mint fent is utaltunk rá, a magyar hadsereg rendszeresített robbantóanyagáról, az ekrazitról a szabályzatokban csak szűk körű ismertetést közöltek, bővebb ismereteket csak az idézett *Kecskeméti Újság*ból szerezhettünk róla. Sztrókay is egy civil lapban foglalkozott e kérdéssel, és ebből a tényleges harctéri alkalmazás tapasztalatairól is értesülhettünk. „A mostani nagy háború azt látszik bizonyítani, hogy Nobel Alfréd, a dinamit feltalálója, az örök béke egyik legőszintébb apostola nagyot tévedett, mikor úgy képzelte, hogy a robbantó szerek technikájának tökéletesedésével a háború lehetetlenné válik és minden harci készülődés önmagába fog fulladni, mert amikor valamilyen ideálisan hatásos robbanó anyaggal egyszerre egész seregeket lehet majd megsemmisíteni, akkor százszor is meg fogja gondolni minden állam, mielőtt a biztos pusztulásba küldi hadseregét. Ha egyéb biztos tanulságot nem is vonhatnánk le a háborúból, az az egy kétségtelen immár, hogy ez a remény sohasem fog valóra válni. Ma már ott tartunk, hogy a dinamitot messze túlhaladó robbantóanyagokkal rendelkezünk s a fölhasználásuk is olyan raffinált technikai tökéletességgel történik, amit tíz évvel ezelőtt sem sejtthettünk s az eredmény csak az, hogy a háború még borzalmasabb lett [...] A hadi technika terén a mi ekrazitunk segített a fölényhez a francia melinit, az angol lyddittel szemben és pedig elsősorban azért, hogy mi a harminc és feleseinkkel és a negyvenketteseinkkel sokkal hatásosabban tudtuk alkalmazni ezt a hatalmas robbanó anyagot, mint az ellenségeink. [...]

Amióta Berthelot megállapította a thermokémiát, a robbanó anyagok kémiája is egyszerre hatalmasan föllendült s míg azelőtt a kutatók pusztán kísérletezgetésre voltak utalva, ettől kezdve módjukban állott pusztán papiroson végzett számításokkal is új, meg új robbantószerket szerkeszteni s előre megállapítani azoknak a hatását csaknem a legapróbb részletekig is. Az új kutató módszer alkalmazásánál legelőször a pikrinsav vonta magára a figyelmet, amit ugyan már a tizennyolcadik század vége óta ismertek, de első sorban a rendkívüli veszedelmes volta miatt nem sokat kísérletezhettek vele.”<sup>171</sup>

<sup>169</sup> A robbanó anyagokról. *Kecskeméti Újság*, 5. (1912. július 16.), 158.

<sup>170</sup> Sztrókay Kálmán: *Az ekrazit a háborúban*. *Új Idők*, 21. (1915), 22. (május) 558–560.

<sup>171</sup> Sztrókay (1915): i. m. 558.

„A pikrinsavban azonban kevés a szén ahhoz, hogy teljesen eléghessen, s ezért Turpin oxigéntartalmú anyagokat, mint salétromot és káliumbichromátot kevert a tiszta pikrinsavhoz, hogy ezáltal lehetővé tegye a robbantó erő teljes kihasználását. A további próbálgatások során jutott el aztán a melinithez, amely annak idején olyan nagy feltűnést keltett, s ami tulajdonképpen a pikrinsavnak és éterben oldott kollódium gyapotnak a keveréke. Turpin azt is fölfedezte, hogy a megolvadt pikrinsavnak a hatása még sokkal nagyobb, ha a fölrobbantása nehezebben is történik, de azért megtalálták a módját, hogy gránátok megtöltésére használhassák. Az olvasztás azonban nagyon veszélyes és így módját kellett találni, hogy az eljárás kényelmesebb legyen. Segítségül jött az a fölfedezés, hogy két magas olvadási ponttal bíró anyag keveréke mindig jóval alacsonyabb hőmérsékleten olvad s így el lehetett érni, hogy a pikrinsav nitronaphthalinnal keverve már 49 foknál, dinitrolnollal keverve 47 foknál olvad meg s ezzel csaknem veszélytelenné vált a pikrinsavnak robbanószerré való földolgozása.

A francia melinit, az angol lyddit, a japán simoze mai alakjában nem egyéb, mint megolvasztott pikrinsav, nitronaftalinnal, dinitrolnollal keverve. Ezeknek a szereknek a robbanó ereje sokkal nagyobb a dinamiténál, de az a bajuk, hogy megtámadják a lövedékek fémanyagát, pikrinsavas sókat képezve vele, amely vegyületek már nem annyira stabilak és így könnyen megtörténik, hogy a melinittel töltött lövedékek maguktól fölrobbannak.

A pikrinsavnak egyéb módosításai nem váltak be minden tekintetben, ami arra vezetett, hogy a vele közeli rokonságban levő trinitrokrezollal kísérletezzenek s ezeknek a kutatásoknak lett a gyümölcse a mi hatalmas erejű ekrazitunk, ami nem egyéb, mint ennek az anyagnak ammoniumsója s a hatása minden tekintetben körülbelül kétszer akkora, mint a dinamité.

Az ekrazit ma a legtökéletesebb robbantószer. Nemcsak hogy felülmúl hatásában valamennyi egyéb robbantó anyagot, hanem a kezelése is teljesen veszélytelen. Ütésre, egyszeri gyújtásra nem robban, a szállítása semmilyen nehézségbe nem ütközik, a kezelésénél sem történhetik baleset. — A legszebb példája annak, hogy az emberi tudomány milyen korlátlan fölénytel tudja hatalmában tartani a természet legtitokzatosabb erőit is. A mi hadseregünkben az ekrazit játsza a leg főbb szerepet. [...]

Az ekrazitnak hatásos volta mellett éppen az az előnye, hogy csak mesterségesen robbantható föl s még így is úgyszólván csak a robbanó higannyal készített gyutacsokkal, mert az ekrazit csak akkor robban föl, ha az úgynevezett inicialgyújtás nagyon heves és csaknem az egész mennyiségében egyszerre gyújtja föl az ekrazitot. Ehhez a gyújtáshoz a legerősebb s a legveszélyesebb robbanó anyag, a robbanó higany az egyetlen alkalmas szer, amely éppen ellenkezője az ekrazitnak a biztonság dolgában. A legkönnyebben, a legvehemensebben reagál minden legkisebb külső hatásra, ütésre, gyújtásra, sűrűlódásra [...] Az ekrazit fölrobbantására ezzel a robbantó higannyal töltött gyutacsokat használnak és pedig olyan módon, hogy a gyutacsot a pléh-skatulyának erre a célra szolgáló lyukába erősítik be, a gyutacsot pedig hosszú gyújtózsínórral sütik el. [...]

A legfontosabb alkalmazása az ekrazitnak elsősorban a vasutak és hidak elpusztítása, ami az ekrazit roppant ereje folytán szinte jelentéktelen feladat. Az ekrazitot ugyanis

nem kell lefojtani, mint a dinamitot, hogy a hatása minél erősebb legyen, mert a robbanása olyan hatalmas, hogy mindent összeroncsol, ami csak a közelében is van. Ha egy vasútvonalat kell szétrombolni, elég ha a sínek mellé teszik a félkilós, a sínkötésekhez az egykilós ekrazitsomagokat s a robbanás úgy összegörbíti és szétrombolja a síneket és a pályatestet, hogy az egész vonalat újra kell építeni, ha rendbe akarják hozni. Amikor ilyen robbantásra kerül a sor, több száz méternyi hosszúságon boszorkányos gyorsasággal képesek a technikai csapatok tönkretenni egy vasútvonalat. Az ekrazitsomagokat lefektetik a sínek mellé, beléjük helyezik a gyutacsokat, együvé fogják a hozzájuk vezető gyújtózsínórokat, amik egy gyufaszál gyújtására egyszerre viszik a tüzet szárazon-vízen át sisteregve a töltésekbe s a hosszú vonalon egyszerre robban és pusztít a sok száz kiló ekrazit.

Ha egy hidat kell használhatatlanná tenni, az is épp ilyen gyorsan, egyszerűen, úgyszólván percek alatt megtörténhetik az ekrazittal. Egy csomó ekrazitskatulyát kötöznek a híd gerendái, tartói mellé, az oszlopok tövéhez s a robbanás pillanatában a leghatalmasabb vas- vagy kőhíd is derékban törve roppan össze, hosszú időre elvágvá az ellenség útját.

Talán még inkább megbecsülhetetlen az ekrazit haszna a mostani háború alatt olyan meglepetésszerűen nagy fontosságot nyert állóharcban, ahol sem a tűzéréség, sem a gyalogság eszközei nem elégségesek a döntés provokálásához, és a védelem sem lenne kielégítő, ha a fegyvereken kívül nem lenne segítségünkre az ekrazit is. A jól kiépített lövészárók tökéletességéhez nélkülözhetetlen, hogy az akadályok vonala ne csak az ellenség előnyomulásában legyen akadály, hanem maga is pusztulást jelentsen arra, aki odáig merészkedik s ezért az akadályok vonalát aknákkal rakjuk tele, amiknek elkészítésében megint csak az ekrazit játssza a fő szerepet. Az aknáknak természetesen automatikusan kell működniük, vagyis maguktól kell robbanniuk, amikor az ellenség a hatáskörükbe ért, amihez nem kell egyéb, mint megfelelő szerkezetű gyutacs. Ezek a gyutacsok nem zsinór-gyújtásra működnek, hanem mechanikailag, amikor a hozzájuk kötött madzagot valami megrántja, amikor valaki rálép egy bizonyos helyre s az így berendezett aknahálózat az ezerféle trükkjeivel vehetatlenné teszi az állásokat sokszoros túlerővel szemben is. A mi félkilós és egészkilós ekrazitskatulyáinkkal az ilyen aknasor készítése is épp olyan könnyen megy, mint ahogy a közelharc leghatalmasabb támadó-eszközének, a kézi gránátnak sokféle változatban való előállítás. Az ekrazitskatulyákat minden baka pár pillanat alatt át tudja alakítani kézi gránátokká s az ekrazit borzalmas ereje ebben az alakban talán a leghatásosabban szegődik szolgálatunkba.”<sup>172</sup>

A cikkben feltűnik *Zubovics Fedor szárazföldi torpedójának* a világháborúban történt alkalmazása. Ennek ellenére, hogy – amint korábban erről beszámoltunk – sok ország megvásárolta és alkalmazta a találmányát, a saját hazájában nem tudott „próféta lenni”. A Honvéd Főparancsnokságon *1916-ban* egy „szakértő” az alábbi véleményt írta róla: „Véleményem szerint a modern hadi technika fejlődése a szárazföldi torpedók teljesítő képességét (hatását) messze túlszárnyalta, utóbbiak alkalmazhatóságuk korát már túléltek,

<sup>172</sup> Sztrokay (1915): i. m. 559–560.



dacára annak nem tagadható, hogy őrnagy úr bizonyos érdemeket ért el velük.”<sup>173</sup> Ugyan-  
ebben az évben, *szeptember 15-én a Somme folyónál* történő első bevetésük alkalmával  
a 32 támadó brit tank 5 km szélességben és 40 km-es mélységben áttörte az addig hiába  
ostromolt német védelmi vonalat. További hatékonyságukat nem a géppuskák, nem is  
a tüzérség (a páncéltörő ágyú kifejlesztéséhez több idő kellett) csökkentette, hanem egy  
egyszerű szerkezet, a *harckocsi elleni akna*. Ennek első formája a németek által függőle-  
gesen a földbe ástott tüzérségi löszerek voltak, amelyek orrgyújtója a föld felszíne fölé ért.  
Ez volt az első – kényszer szülte – lánctalp elleni akna. Németországban 1916 decembe-  
rében ipari méretekben kezdték gyártani a harckocsi elleni aknákat, és a háború végéig  
3 millió darabot készítettek belőle. Az aknák hatékonyságáról két adat áll rendelkezésre  
ebből az időből: az amerikai harcokcsiveszteségek 15%-a, a brit veszteségnek pedig mint-  
egy 15–28%-a következett be az aknák robbanásától a St. Mihiel, a Catalet-Bony, a Selle  
és a Meuse–Argonne környéki harcok során.<sup>174</sup> De nekünk nem kellett Zubovics találmánya.

1915-ben még egy *katonai robbanóanyagokkal* kapcsolatos cikket olvashattak az érdeklődők az *Uránia* folyóiratban.<sup>175</sup> Bodócs István a cikk elején nagyon jó összefoglalását adja az ipari és a katonai felhasználásra készített robbanóanyagok eltérő követelményeinek okairól. „Mint hogy a robbanó anyagok a bányák megművelésénél, alagutak építésénél, folyók szabályozásánál stb. igen fontos szerepet játszanak, s alkalmazásuk a civil praxisban már régen igen magas fokára emelkedett a tökéletességnek, ennél fogva az első pillanatban könnyen azt lehetne gondolni, hogy a modern fegyvertechnika már fejlődésének kezdetén készen kapta a megfelelő anyagokat, s így ebben a tekintetben nem volt szüksége valami sok fejtreésre. A valóságban azonban nem így áll a dolog, sőt majdnem azt mondhatjuk, hogy a civil praxisban kitűnően bevált robbanó anyagok közül a fegyvertechnikai alkalmazhatóság szempontjából alig jöhetett egyik-másik komolyan számításba! Ennek a lát-  
szolagos ellenmondásnak oka abban rejlik, hogy a fegyvertechnika már a teljesítőképesség szempontjából is egészen más követelményeket támaszt a robbanóanyagokkal szemben, mint a civil praxis, s ezenkívül a biztonsági és egyéb specialis követelményeknek olyan sorozatával áll elő, hogy ezeket egyszerre kielégíteni egyáltalában nem könnyű feladat [...] A míg a rendszeres bányaművelésnél a robbanó anyagtól elsősorban hasznosítható munkát kívánunk, mert a kő-, szén-, kőzet- stb. fejtésnél mindig lehetőleg nagy tömbök lerepesztése a kívánatos, addig a katonai praxisban elsősorban nagy pusztító hatás elérése a cél, hogy pl. gránátlövéllel az ellenséges erődöket szétrombolhassuk, vagy torpédóval a hajókat fel. Ennél fogva a civil praxis inkább a lassabban detonáló anyagokkal dolgozik, s az elérendő hatás szerint inkább keverékeket állít elő, a fegyvertechnikai gyakorlatban ellenben csakis igen brisans robbanó anyagok alkalmazásáról lehet szó.”<sup>176</sup>

A továbbiakban a lögyapot és a pikrinsav gyártását és felhasználását mutatja be a szerző. Tekintve, hogy ezekről korábban már közöltünk anyagokat, így most ettől eltekintünk.

<sup>173</sup> Kelemen Ferenc: Szárazföldi torpedó – a Zubovics-féle 1908M akna. *Haditechnika*, 48. (2014), 3. 66–72.

<sup>174</sup> William C. Schneck: The Origins of Military Mines. Part II. *Engineer*, 28. (1998. november), PB 5-98-4. 44.

<sup>175</sup> Bodócs István: A bombák és lövedékek robbanó anyagai. *Uránia*, (1915), 5. 188–194.

<sup>176</sup> Bodócs (1915): i. m. 188.

Érdekes információk olvashatók viszont a trotil katonai felhasználásának okairól. „Az ágyú és páncél, a lövedék és a vasbeton küzdelme a fegyvertechnikusokat a caliberek folytonos növelésére kényszerítette, de ezzel párhuzamosan növelni kellett az ágyúk teljesítőképességét is, hogy a nagy lövedékek kezdősebessége megfelelő maradjon. Ennek következtében a modern fegyvertechnika igen szigorú követelményeket támasztott a robbanószerek érzéketlensége iránt, mert a kaliber növelésével igen rohamosan nő a lövedék fenekére ható nyomás, mely a kilövés pillanatában mint hirtelen lökés, mint rendkívül erős rázkódás jelentkezik, s a mai óriási kalibereknél még a csőben explosiora bírná a pikrinsavat. Minthogy ilyenformán ez az egyébként igen jó robbanóanyag az egyre fokozódó követelményeknek nem tudott eleget tenni, oly anyagok után kellett kutatni, melyek ütéssel és rázkódásokkal szemben úgy a kilövés, mint a lecsapódás pillanatában abszolút érzéketleneknek tekinthetők. Ilyen várakozások közt került 1901-ben piacra a trinitrotoluol, mely szerencsés tulajdonságai következtében hivatva volt átalakítani a hadviselés képét. [...] a német haditengerészetnél öt év múlva már hivatalosan is bevezették az új robbanó anyagot (1906), s az itt szerzett tapasztalatok alapján tovább kísérletezve ma már oda jutottunk, hogy a félelmetes 42 cm.-es gránátoknak, a modern fegyvertechnika e remekműveinek megteremtését a német kitaratáson kívül egyedül a trinitrotoluol ideális tulajdonságainak köszönhetjük.”<sup>177</sup>

A trotilgyártás folyamatának bemutatása után a keletkező végtermék további előnyös tulajdonságairól olvashatunk a tanulmányban. „A trinitrotoluol abszolút raktárképes, mert stabilitását a benzolmagnak nagy kémiai affinitása egyszer s mindenkorra biztosítja, s a pikrinsavval ellentétben nem mutat kifejezetten savtermészetű tulajdonságokat, hanem gyakorlatilag közömbös testnek minősíthető. Emiatt egészen nyugodtan érintkezésbe kerülhet a lövedékek fémfalával, vagy annak töltelék golyóival, mert explosív fémsók keletkezésétől nem kell tartani. A pikrinsavval szemben az is előnyös tulajdonsága a trinitrotoluolnak, hogy vízben úgyszólván teljesen oldhatatlan, detonáló képességét a víz alatt is megtartja s ennek következtében a víz alatti robbantások technikájában erős versenytársa lett az első részben ismertetett nedves lögyapotnak.

A trinitrotoluol meggyújtva erősen kormozó lánggal ég el anélkül, hogy detonálna, s mint hogy ütéssel szemben is teljesen érzéketlen, ennél fogva detonációra csak igen erős initial-impulzussal bírható. (2 gr. durranóhigany.) A kristályos anyag sűrűsége csak 0.9, de tömörítve 1.6-ig növelhető. Préselt állapotban azonban még nehezebben detonál, a miért is gyengén préselt masszából készült patront ágyaznak bele, mely a durranóhigany gyújtását átviszi az egész tömegre, s annak tökéletes és erős detonációját biztosítja. Igen előnyös a trinitrotoluolnak az a tulajdonsága is, hogy alacsony olvadáspontja következtében (80° C) vízgőzzel hevített kettősfalú edényekben kényelmesen és minden veszély nélkül megoldható, s folyékony állapotban mindjárt a lövedékbe, vagy a papírhüvelybe önthető.<sup>178</sup> Az olvadás után lehűlt tömeg szerszámgépekkel könnyen megmunkálható és tetszés szerinti alakra hozva alkalmazható, s ha az öntés nagy nyomás alatt történik, akkor a sűrűség

<sup>177</sup> Bodócs (1915): i. m. 193.

<sup>178</sup> A szerző itt már nem tér ki arra, hogy az öntött trotil viszont már 8-as erősségű gyutaccsal sem indítható, a robbantásához közbeeső detonátor (például magas hatóerejű tetril) szükséges.

a rendes 1.56-ról 1.62-re növelhető, vagyis ilyen erősen tömörített állapotban eléri a pikrinsav sűrűségét.

Minthogy az inaktív szén már a toluol molekulájában is fölöslegben van jelen, s a nitrálásnál sem kerül annyi oxigén a molekulába, hogy a szén tökéletes elégetését lehetővé tenné, ennél fogva nem kell csodálkoznunk azon, hogy a trinitrotoluol robbanásánál aránylag több szenes alkatrész válik szabaddá, mint a kevesebb szenet tartalmazó pikrinsavnál.”<sup>179</sup>

A hazai tudományos közélet a világháború alatt sem szünetelt. A *Kir. Magyar Természettudományi Társulat* 1917. március 22-i közgyűlésén *Ilosvay Lajos* elnöki megnyitó beszédét a robbantószerkekről tartotta, amely aztán a *Természettani Közlönyben* jelent meg.<sup>180</sup> A tanulmány nagy alapossággal tekint végig a robbantóanyagok kialakulásán, fejlődésük történetén. A következőkben az előadó néhány ma is érvényesnek tekinthető és megfontolandó gondolatát idézzük.

„A 19. században a természetvizsgálók valóban olyan meglepő eredményeket értek el, amilyenekről, a megelőző századokban, talán csak a legkicsapongóbb képzelet álmodhatott. De úgy látszik, hogy a műveltség tisztelete, az emberiség szeretete nem haladt párvonalosan az ismeretek fejlődésével. Ezért lehetséges, hogy azok a hatalmasok, a kik az immár harmadik évben dühöngő háborút felidézték, a végtelen gyász, anyagi és erkölcsi pusztulás láttára, még mindig nem bírnak, sőt nem is akarnak uralkodni nemtelen indulataikon. Ezért történhetik meg az, hogy míg nem is olyan régen, nemzetközi felfogás szerint a háborúban olyan eszközökhöz nyúlni, a melyek inkább a gyáva méregkeverők, a gonosz orgyilkosok, mint nyíltan támadó katonák kezébe valók, az emberi jogoknak durva megsértése lett volna: ma már egyik fél sem tépelődik sokat azon, hogy miként árthat legtöbbet ellenfelének. [...]

De nekem nem az a szándékom, hogy e háborúnak erkölcsi érzést felháborító mozzanatait soroljam elő. A háborútól keltett hangulatomnak engedve, lehetőleg röviden csak azokkal a szerekekkel óhajtok foglalkozni, a melyeket a most hadakozó felek, emberek és javak megsemmisítésére oly borzasztóan fényes eredménnyel, de oly megdöbbentően vad kegyetlenséggel használnak. Azok a szerekek, a melyekkel ebben a háborúban az ellenség erejét megtörni igyekeznek, két csoportba tartoznak: egyik a robbantószerkek másik a mérgező, fojtó gázok csoportja. Csábító feladatnak látszott, hogy beszédem keretében mind a két csoportba tartozó szereket beillesszem: de végig tekintve az anyag roppant terjedelmén, helyesebbnek ítélttem, hogy bármily kis terjedelmű kitérést a mérgező gázokra, mellőzzek.”<sup>181</sup>

A beszéd zárógondolatai az alábbiak voltak:

„Tisztelt Közgyűlés! Megkísértem a robbantószerkek szövevényes útvesztőjébe bevilágítani. Gyors menetben még nagy fényerősségű lámpa is sötétben hagyhat egyes részleteket. De talán mégis kivehető volt, hogy a 19. század, melynek a műveltség, a polgáriasság és az emberiség fejlesztésében és terjesztésében legnagyobb érdemet szeretnek tulajdonítani, félreismerhetetlen buzgósággal és roppant áldozattal készült elő, hogy ha egykor

<sup>179</sup> Bodócs (1915): i. m. 193.

<sup>180</sup> Ilosvay Lajos: A robbantószerkekről. *Természettudományi Közlöny*, (1917), 671–672. 253–273. (a Kir. Magyar Természettudományi Társulat 1917. március 22-i közgyűlésének elnöki megnyitó beszéde).

<sup>181</sup> Ilosvay (1917): i. m. 254–255.

a szenvedély a megfontoláson úrrá lesz, a műveltség sok szép alkotását romokba dönthesse. Sajnálattal állapíthatjuk meg, hogy a chemia, melynek a közegészség, a mezőgazdaság, az ipar, a művészet oly sokat köszönhet, mely az emberi erő megkímélése, az élelmezés megkönnyítése és megjavítása, a betegségek gyógyítása érdekében tett hasznos szolgálataiért igényt tarthat milliók hálájára, eszközt adott millió meg millió ember meggyilkolásához és milliárdokat érő vagyonnak megsemmisítéséhez is. A sok gyásznak, a tengernyi szenvedésnek ellenére, egy szebb jövőről még sem kell és nem szabad lemondanunk, ha okulni tudunk és akarunk. [...] Sűrűn halljuk, hogy szükséges egy Új-Magyarország alapját rakni le. Jól van, szervezzük meg az Új-Magyarországot, de azt a Magyarországot, a melynek polgárai nem a hivatalokban, nem a politikai küzdőtéren, hanem a tudományok művelésében, a kis- és nagyiparnak, a mező- és erdőgazdaságnak, a hazai föld rejtett kincsei felkutatásának termelő munkájában keresik boldogulásukat.”<sup>182</sup>

Az 1925-ben induló *Műszaki Szemle* – a korábbi katonai folyóiratokkal szemben – bőséges terjedelemben foglalkozott *robbantástechnikai témájú közleményekkel*. A hazai szerzők igazán magas színvonalú tanulmányai mellett a Ty. aláírással megjelenő (feltehetően Turcsányi Gyulának, a lap főszerkesztőjének tulajdonítható) szakfordításokkal kitekintést nyújtott a terület nemzetközi helyzetére is.

Az *I. világháborús tapasztalatok értékeléséről* is a *Műszaki Szemle*ben jelent meg az első átfogó, a problémákat nyíltan közlő írás. *Turcsányi Gyulának Az osztrák–magyar hadianyagipar fegyver- és lőszer-teljesítménye a világháború alatt* című tanulmánya<sup>183</sup> nagyon elgondolkodtató összegzését nyújtja a történeteknek. Ahogy fogalmaz: „Bár már a világháború alatt sem volt kétséges, hogy a modern háború rengeteg pénzt és anyagi áldozatot követel, mégis a hadianyag ipar teljesítményéről, az abnormálisan nagy anyag elhasználásról csak most, évek múltán, különféle statisztikák megjelenése nyomán alkotunk magunknak helyes fogalmat.”

„A háború első hónapjában [...] a mozgósított hadiipar teljesítménye elegendőnek látszott s a katasztrófával fenyegető utánpótlás elégtelensége csak a békekészletek felhasználása után vált érezhetővé. (1914. év vége.) Ekkor kezdődött meg tulajdonképpen emberfeletti, nehéz, de erélyes munkával a békében még csak nem is remélt nagy szükségletet fedezni képes hadianyagipar talpraállítása.”<sup>184</sup>

A cikkben összegzett értékelést olvashatunk a hadiipar minden területéről, beleértve az olyan nélkülözhetetlen ipari alapanyagok beszerzésének problémáját is, mint a szén és a különböző fémek. Tanulmányunk szempontjából most csak a robbantóanyag-gyártás problémáira térünk ki.

„A háború folyamán a havi lövőporgyártást havi 210 tonnáról 3400 tonnára, a robbanóanyaggyártást 53-ról 5130 tonnára fokozták. Ennek dacára a robbanóanyaghiány állandó volt s korlátozta a gránátgyártást.”<sup>185</sup>

<sup>182</sup> Ilosvay (1917): i. m. 271–272.

<sup>183</sup> Turcsányi Gyula: *Az osztrák–magyar hadianyagipar fegyver- és lőszer-teljesítménye a világháború alatt. Műszaki Szemle*, 1. (1925), 1. 4–24.

<sup>184</sup> Turcsányi (1925): i. m. 4–5.

<sup>185</sup> Turcsányi (1925): i. m. 10–11.

Ahhoz, hogy a hadszíntéri igényeket – legalább részben – teljesíteni tudják, az eredeti alapanyagok helyett más, még elérhető forrásokhoz is nyúltak. „A nitroglicerines lőpor glicerinjét kényszerűségből cukorból nyerték, a nitrocellulosénál gyapot helyett faanyagot használtak, a trinitrotoluolt ammonállal keverték. A háború végén általában a lőpor és robbanóanyagnál minden eredeti anyag helyett póanyagot használtak, a töltényhüvelyek és gyújtók fémrészeit póanyagokkal pótolták stb.”<sup>186</sup>

„1918 második felében, a Piave-csata után már reménytelen volt helyzet! A szén- és anyagínség megbénította a termelést.”<sup>187</sup>

A *Műszaki Szemlében* – a nyitószámban megfogalmazott célokhoz megfelelően – a külföldi szakirodalmakban megjelenő cikkek tallózását is megtaláljuk. A *robbantástechnikában folyó korabeli tudományos életre* jó példa a következő, 1925-ben megjelent két cikk. Az 1. számban<sup>188</sup> Krautz C. és Turek O. szerzők által a prágai műegyetemen végzett kísérletek alapján egy német nyelvű robbantási szakfolyóiratban megjelent cikk összefoglalóját közlik, amely szerint:

- „Napfény hatása a trotylra kifejezett oxidációs folyamat. A keletkező termékekben úgy a pikrinsav, mint a trinitrobenzoesav kimutatható.
- Úgy e két sav, mint ezeknek fémsoái, erősen emelik a trotyl érzékenységet.
- A napfény hatására a trotyl érzékenysége növekszik, különösen fémek és fémoxidok jelenlétében.
- A trotylt nem szabad továbbra is annak az ártatlan és veszélytelen robbanószernek tartanunk, mint eddig.
- A trotyllal való munkáknál ajánlatos a napfény behatását elkerülni és a trotylt fémektől és fémoxidoktól lehetőleg távoltartani.”

A fenti cikkekre érkező reakcióról a lap az 5. számában közölt tájékoztatót.<sup>189</sup> E szerint ugyanabban a német szaklapban Wichart és Donat egy ellencikket jelentettek meg, amelyben „kétségsbe vonják a prágai mérnökök kísérleti módjának és a kísérletekből levont tanulságoknak helyességét”. A két kutató összegzett véleménye a fenti témában az alábbi volt:

- „A trotyl fotoreakciós termékeiben nincsen biztosan kimutatva a pikrinsav és a trinitrobenzoesav jelenléte.
- Technikailag tiszta trinitrotoluol teljesen állandó, veszélytelen robbanószer, mely fémekkel baj nélkül érintkezésbe juthat.
- A gyakorlatban nem fordul elő, hogy trinitrotoluol vékony rétegben, oly sokáig lenne napfénynek kitéve, hogy egész tömegében káros elváltozást szenvedhetne.”

Az 1926. évi 3. számban rövid összefoglalókat közöl a robbanószeres Svédországban alkalmazott gyűjtéséről, a bécsi városi vasút átépítése során végzett lazító robbantásokról,<sup>190</sup>

<sup>186</sup> Turcsányi (1925): i. m. 13.

<sup>187</sup> Turcsányi (1925): i. m. 17–18.

<sup>188</sup> Ty.: A trinitrotoluol szétbomlása napsugarak behatására. *Műszaki Szemle*, 1. (1925b), 1. 79.

<sup>189</sup> Ty.: A trinitrotoluolnak napfény hatására való szétbomlásáról. *Műszaki Szemle*, 1. (1925a), 5. 226.

<sup>190</sup> Ty.: Lazító robbantások. *Műszaki Szemle*, 2. (1926c), 3. 170–171.

továbbá a „trotylos és amatolos lövedékek leszerelésénél” Franciaországban és Belgiumban tapasztalt megfigyelésekről.<sup>191</sup>

Ugyancsak 1926-ban, a 4. számban olvashatjuk egy külföldi szerzőnek a gyutacsgyártás szabályozatlansága miatti észrevételeit. A közlemény szerzője azt kifogásolja, „hogymég mindig 10 különböző nagyságú robbantógyutacs van, melyeknek külső méretei a gyárak szerint változnak. A modern nézet szerint a gyártás tehát nem gazdaságos. Javasolja, hogy a robbantógyutacsok csak egyetlen nagyságban készüljenek, még pedig a mostani 1-es számúnak megfelelően (0.3 g durranóhigany).”<sup>192</sup> Ha ennek erőssége nem lenne elegendő az adott robbanóanyag iniciálásához, akkor egy „attól független iniciátorral”<sup>193</sup> biztosítaná a megfelelő indítási energiát. Ezt egy „féhérbádóg” hüvelybe helyezi, és a gyutacs felőli végén a gyutacs felé szűkülő kúpot képez, „mely a tapasztalat szerint a gyújtóhatást erősen fokozza”. A fenti javaslatok több szempontból is érdekesek. Egyrészt azóta valóban szabványosították a gyutacsok átmérőjét, viszont a gyutacsindítható robbanóanyagokhoz a Nobel-féle gyutacs-sorozat 8. eleméhez tartozó 2 g durranóhigany robbanási energiájának megfelelő erősséget írnak elő. A kúpos kiképzés pedig a robbanási hatás koncentrációjának köszönhetően valóban hatásmenővelő. A Munroe-effektusként ismert kumulatív hatásra vonatkozó elméletet 1888-ban mutatta be feltalálója az Amerikai Egyesült Államokban.<sup>194</sup> Európában M. Neumann (1911), Egon von Neumann (1914) és Franz Rudolph Thomanek (1939) német kutatók tisztázták alapos kísérletekkel a robbanási hatás koncentrációjának törvényszerűségeit.

Szalber Lajos egy, az *Army Ordnance* folyóiratban közölt tanulmány összefoglalóját tette közzé 1927-ben a robbanóanyagok detonációsebességének mérésére alkalmazott módszerekről.<sup>195</sup> Figyelemre méltóak a cikk utolsó sorai: „Szó lehet az oscillográfok felhasználásáról is, melyek mp-kénti 5.000-10.000 rezgésszámmal bírnak, sőt a katódsugár oscillográfok rezgésszámai 50.000-60.000-ig mennek fel mp-ként. Ha ezeket sikerül az ügy szolgáltatába állítani, a robbanóanyagok viselkedésére vonatkozó ismereteink nagyon ki fognak bővülni.”

Cserneczy Béla *A robbantó gyutacsokról* című 1928-ban<sup>196</sup> megjelent cikkének magas szakmai színvonalát jelzi, hogy egy francia szaklap is átvette közlésre. A szerző a tanulmányban nagy részletességgel ír a gyutacsok kialakulásáról, az alkalmazott főbb gyutacstípusokról és azok jellemzőiről, valamint az alkalmazott gyutacsvizsgálati módszerekről. Bemutatja az addigi durranóhiganyval töltött gyutacsok helyett az ólom-azid primer töltetű kombinált gyutacsok (a lángérzékeny primer töltet mellett kevésbé veszélyes, szekunder robbanóanyagot is tartalmazna a gyutacs) fejlesztésével kapcsolatos kutatások eredményeit, a különböző iniciáló robbanóanyagok fémekkel szembeni érzékenysége okozta

<sup>191</sup> Ty.: Néhány szó a robbanószerkezetek gyújtásáról; Megfigyelések trotylos és amatolos lövedékek leszerelésénél. *Műszaki Szemle*, 2. (1926d), 3. 170–171.

<sup>192</sup> Ty.: Robbantógyutacsok és iniciátorok. *Műszaki Szemle*, 2. (1926e), 4. 224.

<sup>193</sup> Közbeeső detonátor.

<sup>194</sup> Charles E. Munroe: Modern Explosives. *Scribner's Magazine*, 3. (1888). 574.

<sup>195</sup> Szalber Lajos: Robbanóanyagok detonációjának sebességmérése. *Műszaki Szemle*, 3. (1927), 12. 583–588.

<sup>196</sup> Cserneczy Béla: A robbantó gyutacsokról. *Műszaki Szemle*, 4. (1928a). 1. 18–26.



problémákat és azok megoldási lehetőségeit. Itt is megjelenik a korábbi cikkekben már olvasott kúpos (kumulatív) kiképzés jelentősége a gyutacs fenekén, az iniciálási energia fokozása céljából. A tudományos érvek mellett a cikk végén egy gazdaságossági kérdéssel zárja a tanulmányt. „Végül még az előállítási költségekkel kapcsolatban meg kell említenem, hogy a durranó higanyos gyutaccsal szemben a kombinált gyutacs-típus gyártása kevesebb veszéllyel és költséggel jár. Az ólomazidos kombinált gyutacsoknál pld. 20% ármegetakarítás érhető el.”<sup>197</sup>

Feltétlenül robbantástechnika-történeti érdekességről olvashatunk a *Robbantások cseppfolyós levegővel* című, 1928-ban megjelent cikkben.<sup>198</sup> „Az alábbiakban ismertetni szándékozom a cseppfolyós levegővel való robbantások módját, az ahhoz szükséges eszközök és készülékek szerkezetét, magát a cseppfolyósító eljárást; végül pedig össze fogom hasonlítani a cseppfolyós levegőt a szilárd robbantóanyagokkal gazdaságosság és hatás tekintetében” – írja a szerző a bevezetőjében. Az akkori Magyar Honvédségben is rendszerített robbanóanyag volt a cseppfolyós levegő (oxiliquid), de a korabeli szabályzat eléggé szűkszavú ismertetőt tartalmazott róla.<sup>199</sup> Cserneczky cikkéből, amelyet szintén elismert a szakmai közélet, hiszen közlésre egy francia és egy német folyóirat is átvette, az alábbi kiegészítő ismeretek szerezhetők róla.

„Cailetet és Pictet kísérleteiből már 1877 óta ismeretes a levegő cseppfolyósíthatósága. Az akkor még csupán tudományos értékkel bíró kísérletek akkor tettek szert nagyobb jelentőségre, midőn Münchenben 1895-ben Linde a folyósításának egyszerű és olcsó módját találta fel. Találománya 4 évvel később már alkalmazást is nyert; a Simplon-alagút 7 évig tartó építése alatt a robbantásokhoz folyósított levegőt használtak. Az első sikert hosszú pangás követte. A bányáipar idegenkedett az új eljárás bevezetésétől, valószínűleg a szükséges beruházások nagy költségei miatt. A világháború alatt fellépő robbanóanyaghiány a cseppfolyós levegőre fordította a figyelmet s ennek nyomán az ezzel való robbantás nagy fejlődésnek indult.”

„A robbantásokhoz használt cseppfolyós levegő 85–98 százalék oxigént tartalmaz, tehát tulajdonképpen nem is annyira cseppfolyós levegőről, mint inkább cseppfolyós oxigénről beszélhetünk. Parázs vagy láng által nem gyűjthető meg, a beledobott égőanyag tovább ég. Széntartalmú, felszívóképes anyagokkal összekeverve igen brizáns, hatásos robbanóanyagot szolgáltat.”

Figyelemre méltóak az alábbiak is, hiszen a robbanóanyag tárolása, szállítása még békeidőszakban is különös gondosságot igényel, harci viszonyok között pedig – akár légi, akár szárazföldi (például diverziós) támadással – komoly károkat okozhat a készletek megsemmisítése, az emberi életben okozott veszteségről nem is szólva. „A cseppfolyós levegővel való robbantási eljárás ismertetése előtt meg kell említenem, hogy szilárd robbanóanyag alkalmazása esetén a robbanó anyagot a gyártási helyről a robbantási helyre kell szállítani, ott szakszerűen raktározni. Tehát robbanási veszélyt jelent már a gyártás, a szállítás, a raktárolás egész addig a pillanatig, míg az anyag végső rendeltetési helyén

<sup>197</sup> A robbanóanyagok iniciálásáról bővebben lásd Lukács (2017b): i. m. 1.6.2. alfejezet, 49–53.

<sup>198</sup> Cserneczky Béla: *Robbantások cseppfolyós levegővel. Műszaki Szemle*, 4. (1928b), 5. 199–211.

<sup>199</sup> E-34 (1928): i. m. 46–51.

robbanásba nem került. A cseppfolyós levegő folyósítása legcélszerűbben a robbantási helyek közelében történik. Így a gyártással, szállítással és raktárolással járó veszély magától megszűnik, mert robbanó anyaggá csak a felszívás megtörténte után válik.”

„A cseppfolyós levegőnek folyósított állapotban való tartása a normális légnyomás mellett kb. -192°C-on lehetséges. Magától értetődik, hogy az ennél jóval magasabb hőmérsékleten a cseppfolyós levegő állandó forrásban van. A párolgási veszteségek csökkentése céljából kettősköpenyű palackok felelnek meg a legjobban.”<sup>200</sup>

„A cseppfolyós levegő robbanóanyaggá lesz, ha széntartalmú felszívóképes anyagba szívadjuk fel. A robbanás tulajdonképpen gyors égés. Szükséges tehát, hogy a felszívásnál a gyors égés lehetőségei teljesüljenek, tehát a cseppfolyós levegő szinte molekulárisan elkeveredve jusson a széntartalmú anyagba, amely csak akkor fog bekövetkezni, ha a felszívóanyag finom elosztású vagy megfelelően porózus. Ma már a felszívóanyagoknak egész légióit ismerjük, melyeket már eddig is használtak, vagy pedig használatra ajánlanak a különböző szabadalmak. Részben az iniciálás módjával, részben pedig a felszívóanyag megválasztásával szabályozni tudjuk a robbanás brizánságát. Így erősen felszívóképes porózus anyaggal és erős iniciálással dinamithoz hasonló vagy még ennél is erősebb hatást érhetünk el, míg kevésbé felszívóképes anyaggal és gyenge iniciálással a tolóhatást válthatjuk ki. [...] A volt közös hadseregnél a cseppfolyós robbantásokhoz 75 százalék naphtalinkormot és 25 százalék naphtalin keverékét használták. Felszívóképesége háromszorosa volt a saját súlyának, hatása igen brizáns. Ha tolóhatást akarunk elérni, akkor a naphtalinkormot 45 százalék sóval keverve alkalmazzuk. A felszívóanyagokhoz keverhetünk alumíniumport is, mely mint a thermit keverékekben, itt is nagy hőképző tulajdonságával tűnik ki. Természetesen a felszívóanyagok megfelelő burkolattal töltényformában kerülnek forgalomba, úgyhogy a felhasználónak csak a mártást és a gyutaccsal való felszerelést kell végeznie.”<sup>201</sup>

A felhasználás fenti előnyei mellett az iniciálás már gondokat jelentett például a katonai gyakorlatban megszokottakhoz képest. „A szilárd robbanóanyagokhoz alkalmazott gyújtózsínórok nem felelnek meg teljesen a cseppfolyós robbantásoknál. Óvatosság nélküli alkalmazásuk veszélyt jelenthet. A veszély oka kettő lehet. Ha a zsinór löporszázába cseppfolyós levegő szívódik fel, az égés gyorsul, továbbá a gyújtózsínór kátrányos burkolata szintén szívhat magába cseppfolyós levegőt, s ekkor az égés a külső burkolatra csaphat át és terjed tovább, előre ki nem számítható gyorsasággal. Hátránya a gyújtózsínórnak még az is, hogy égve a fűrt lyuk felmelegedését fokozza és ezáltal jobban elősegíti a töltényben lévő cseppfolyós levegő párolgását. Ezen hátrányok kiküszöbölésére gyártják a külön erre a célra szerkesztett úgynevezett »Sprengluft Zündschnur«-t, mely háromszoros átfonással bír, minden réteg enyvyszerű impregnálással. Az enyv a fokozatos leégésnél a zsinórt puhítja és a gázok fejlődését kis nyomás mellett lehetővé teszi.

A zsinórok alkalmazása még egy hátrányt jelent, ugyanis az égési idő miatt hosszát úgy kell megválasztanunk, hogy a robbantást végző embereknek a begyújtás után elegendő idejük legyen magukat biztonságba helyezni. Hogy minden veszélyt kizárjunk, ezt

<sup>200</sup> Cserneczky (1928b): i. m. 199–200.

<sup>201</sup> Cserneczky (1928b): i. m. 201–202.

a szükségesnél mindig valamivel nagyobbra méretezzük. Ez pedig felesleges párolgást jelent a robbantásra hivatott cseppfolyós levegőnél. Azt hiszem, elég sok hátrányt soroltam fel ahhoz, hogy a cseppfolyós robbantások egyedüli leghelyesebb gyújtási módját, az elektromos gyutacsok alkalmazását megindokoljam. A zsinórokkal kapcsolatban említett összes hátrányok itt elmaradnak, s kényelmesen lehetővé teszik egész sorozatnak egyszerre való gyújtását. Az elektromos gyutacsok megengedik, hogy a gyújtószerkezetet a fűrt lyukban előre elkészítsük. A robbantó eljárás ismertetésénél majd látni fogjuk, hogy ebben az esetben a mártás és a mártott tölténynek a fűrt lyukba helyezése után, csupán a fojtásnak elkészítése marad hátra. Az elektromos gyutacsok készítésénél a nagy lehűlés miatt ugyanazon elvek érvényesülnek, melyeket a gyutacsokkal kapcsolatban már leírtam.”<sup>202</sup>

„Igen fontos tényező hatás tekintetében maga a robbantandó objektum is. Annak ellenére, hogy a cseppfolyós levegőt tartalmazó töltények hatása általában a dinamit hatásával egyenrangú, vagy még annál erősebb is, mégis szabadon felfekvő töltétként való alkalmazásban a hatás nagyon csekély, sokszor teljesen elmarad. Hatásgyöngülést veszünk észre akkor is, ha a fűrt lövéseket igen laza, puha talajban alkalmazzuk. Ezek a tapasztalatok arra engednek következtetni, hogy a brizáns hatás csak akkor váltódik ki, ha a zárt tér egy bizonyos nyomás kifejlődését lehetővé teszi. Ezért szükséges, hogy szilárd közetben is alkalmazzunk fojtást s a fejlődő gőzök elvezetésére csupán vékony csatornát hagyjunk szabadon.”<sup>203</sup>

*Nitropenta-nitroglicerín keverék robbanóanyag fejlesztéséről* számol be a *Műszaki Szemle 1929-ben*.<sup>204</sup> A német szakfolyóiratban megjelent cikkről készített híradás szerint a fejlesztő (*dr. Stettbacher Alfréd*) elsősorban „gránátrobbanótöltet” tölteteként javasolja a felhasználását, „mert robbanósebessége az eddig ily célra használt összes robbanószerét felülmúlja”. A felhasználás szempontjából pozitívumként említi a fejlesztő, hogy a „70 súlyrész penthrit”<sup>205</sup> és 30 súlyrész nitroglicerín képlékeny tömeget alkot, melyet kézzel kényelmesen bármily üregbe bele lehet szerelni”. További előnye a keveréknek a cikk szerint, hogy „már kis mennyiségben is a legnagyobb sebességgel detonál”. Érdekes a szerzőnek az ezzel kapcsolatos azon tapasztalata, hogy a „nitroglicerín csak a penthrytre volt jó hatással, míg trotyllal vagy pikrinsavval keverve, ezeket még mérsékelte robbanásukban”.

A fenti német szerző cikkének kivonatát közli több folytatásban a *Műszaki Szemle A robbanószerszakma 1924-től 1928-ig* címmel. A kiemelkedő színvonalú tanulmányból megismerhetjük a kor hazai és nemzetközi robbanóanyag-iparának helyzetét, az aktuális kutatás-fejlesztés irányait, eredményeit.

*Az első közleményben*<sup>206</sup> az I. világháború robbanóanyag-gyártásra vonatkozó tapasztalatait összegezve leszögezte: „A technika összes segédeerőit kihasználva igyekszik tehát minden állam védelmi berendezkedéseiben a teljes függetlenségre.

<sup>202</sup> Cserneczky (1928b): i. m. 203–204.

<sup>203</sup> Cserneczky (1928b): i. m. 206–207.

<sup>204</sup> Ty.: Új robbanószer gránátok töltésére. *Műszaki Szemle*, (1929), 2. 81–83.

<sup>205</sup> A pentrit a nitropenta másik elnevezése. Ismert még PETN, pentaeritrit-tetranitrát és corpent néven is.

<sup>206</sup> Alfred Stettbacher: A robbanószerszakma 1924-től 1928-ig, I. rész. Ford. Ty. *Műszaki Szemle*, 5. (1929a), 6–8. 333–336.

A robbanószergyártás szempontjából következő jellemzi ezt az időszakot: A tetrylnek gyártása és igen hatásos detonátorrá, valamint robbantó gyutacstöltetté való felhasználása minden országban meghonosodott (Magyarországon is. – Ford.) Hasonlóan elterjedt az ólomazid is a durranóhigany rovására. A torpedófejek és tengeri aknák töltetéből végképpen eltűnt a lövőgyapot. Jelenleg erre a célra trinitrotoluolt vagy trotyl-hexylkeveréket használnak.

A dinamitoknál a nehezen fagyó változatokat gyártják, ezekhez a fagyási pont leszállítása végett a dinitroglykolt keverik. A robbantó-levegő (folyékony levegő oxyloguit) Németországban és Franciaországban mindjobban elterjed a bányászatban és az amerikai Egyesült-Államokban is kikezdte a dinamitkonszernek egyeduralmát. Mint katonai robbantószer a pentaerythrit-tetranitrát kezd a gránáttöltelések sorába lépni és esetleg a kiskaliberű légvédelmi, valamint harcokcsielhárító-lövegek gránátjainak lelhető legjobb töltete lesz. [...] A gyújtási módok közt a villamos gyújtás ismét erősen előtérbe nyomult a zsinórgyújtással szemben, bár a detonáló gyújtózsinórban hatalmas ellenfélre akadt. [...]

A katonai robbantó- és lövészerszakma: A kutató-munkát az új háborúra való előkészületek uralják. [...] A motorizálás és a támadó fegyverek páncélozásának fejlődésével egyre fontosabb kérdés a lövedékek átütő erejének és robbantó hatásának fokozása. Az egyszerű gyalogsági lövedék már a legkönnyebb harcokcsi páncéljait sem képes átütni, felmerül tehát a különleges harcokcsi elhárító lövegek szüksége, melyeket a kiskaliber 3½–5 cm, igen nagy kezdősebesség, 1000 m/sec-ig, tehát viszonylag igen nagy átütőerő jellemeznek. A nagyobb energiatartalmú nitroglyceri-lőporok előtérbe nyomulnak.”<sup>207</sup>

*A második közleményben*<sup>208</sup> a detonációról és a robbanáselméletről folyó legújabb kutatásokról ír a szerző. Ugyancsak foglalkozik a robbanások fénykép- és mozgóképfelvételével, továbbá a robbanások szeizmikus hatásával.<sup>209</sup>

*A harmadik közlemény*<sup>210</sup> a robbanóanyag-gyártással foglalkozik. „Amerikában, különösen a chilei salétrombányákban, szélteben használják a feketelőport, azonban a robbantólyukak fenekére az egész töltetnek kb. 1/10-ét dinamitból, nitrokeményítőből gyújtótöltetül alkalmazzák. Ezáltal a feketelőpor sokkal hevesebben robban és a munkát olcsóbbá teszi.

Újabb vizsgálatok a feketelőpor robbanási sebességét a régebbi megállapításoknál egy kissé magasabbnak, 450–500 m/sec-nak adják meg.

Lőgyapot. A kiindulópontban felhasznált nyersanyag, mint a háború előtt volt, ismét a gyapot, bár Németország facellulózt is kever közé. [...]

Még mai napig sem sikerült korlátlanul állandó és tárolható lőport (stabilizálószer nélkül) készíteni. Az állandóság szép példája a svéd Bofors Nobelkrut által gyártott nitroglycerinlőpor, mely 65°C-on négy évig tartva sem romlott meg úgy, hogy a tárolási próbát még

<sup>207</sup> Stettbacher (1929a): i.m. 333–334.

<sup>208</sup> Alfred Stettbacher: A robbanószerszakma 1924-től 1928-ig. II. rész. Ford. Ty. *Műszaki Szemle*, 5. (1929b), 9–10. 433–436.

<sup>209</sup> Ezt a részt a föld- és sziklarobbantásokkal foglalkozó 5.1. alfejezetben mutatjuk be részletesen.

<sup>210</sup> Alfred Stettbacher: A robbanószerszakma 1924-től 1928-ig. III. rész. Ford. Ty. *Műszaki Szemle*, 5. (1929c), 11–12. 514–517.

folytatják. Svédországban újabban kis kaliberű fegyverek számára is 50% nitroglycerin tartalmú lőport gyártanak.

A háború folyamán a hiányzó nitroglycerin pótlására használt aromatikusan robbanószer (trotyl stb.) nem váltak jól be. [...]

A legjobb korszerű füst nélküli lőpor is csak kis mennyiségben elégetve füsttelen. Nagyobb tömegek használatánál az elégés nem oly tökéletes oxidáció. A londoni Graphic 1927 decemberi száma pillanatfelvételeket közöl egy amerikai hajógyakorlatról, melynél az egyik hajó 14 hüvelykes (35.6 cm) ágyúval tüzel. A csőtorkolatok előtt messze túl a hajó oldalán áthatolhatatlan, sűrű, sötét füst látható, mely szinte a hajó mesterséges elködösítésére emlékeztet. Zárt vagy félig nyílt térben elégő lőpor  $\text{CO}_2$  mellett oly nagy mennyiségű  $\text{CO}$ -t és  $\text{NO}_2$ -t termel, hogy a levegő lélekzésre alkalmatlan és gyorsan ölő lesz. Az amerikai haditengerészet hajóterekben folytat ezirányú kísérleteket.”<sup>211</sup>

A szappangyári melléktermékből előállított glicerint, mint a nitroglycerin alapanyaga is újabb kísérletek tárgyát képezte. „A Du Pont de Nemours Co. (a leghatalmasabb amerikai lőpor és robbanószer vállalat) már azzal számított, hogy a szappangyári glicerintől teljesen függetleníti magát. Az Eastern Alcohol Corporation legjobb kihasználás mellett a szappanglycerin termelésnek majdnem a felét képes gyártani erjesztés útján. Az újonnan szabadalmazott eljárással 92-98 százalékos glicerint nyernek, melyet desztillálással 98.5%-osra kell hozni. A Du Pont-glycerin állítólaga a szappanglycerin árának csak csekély részébe kerülne. [...] A berlini Vereinigte chemische Werke A.-G. javaslata szerint 4 kg cukorból alkalikus erjesztés útján 1.2 kg nyers, illetve 0.96 kg tiszta glicerint lehetne nyerni. Penkowski répacukorszirup erjesztése útján 20% glicerint és 17.5% alkoholt akar nyerni.”<sup>212</sup>

A negyedik közlemény<sup>213</sup> a katonai gyakorlatban is alkalmazott robbanóanyagokkal kapcsolatban közöl új információkat.

„A régi módi kovaföldes dynamitot ütés iránti érzékenysége és más kellemetlen tulajdonságai miatt már sehol sem gyártják. A robbanózselatint is csak alárendelt mértékben használják, t. i. csak ott, ahol igen szilárd és szívós ellenállást kell leküzdeni, pl. alagutak ösközetekben, vízalatti és petróleumforrás robbantásoknál. [...] Ismételten igazolódik az a régi megfigyelés, hogy tároló zselatin-dynamit kb. 6 hónappal a gyártás után annyira érzéktelenné válik, hogy rendes gyújtásnál csütörtököt mond. Ezért Munroe csak friss gyártású töltények és erős robbantógyutacsok használatát, javasolja [...] Annak a régi és sokszor megvitatott kérdésnek a tisztázására, hogy a robbanó-dynamit hatása inkább lefelé irányul, az angol Crawshaw végzett kísérleteket, és bebizonyította, hogy a robbanás minden oldalra egyenlően hat. A csalódás onnan ered, hogy majdnem mindig alul van a legnagyobb ellenállás és ebben az irányban látható leginkább a hatás.”<sup>214</sup>

„Legújabbban a penthrytet robbanógyújtózsínórok töltésére is használják, mert 7000-8000 m/sec sebességgel ég. Stettbacher szabadalmaztatott olyan keveréket, mely

<sup>211</sup> Stettbacher (1929c): i. m. 514–516.

<sup>212</sup> Stettbacher (1929c): i. m. 517.

<sup>213</sup> Alfred Stettbacher: A robbanószer szakma 1924-től 1928-ig. IV. rész. Ford. Ty. *Műszaki Szemle*, 6. (1930a), 2. 82–88.

<sup>214</sup> Stettbacher (1930a): i. m. 83.

penthrítből és kevesebb mint 25% nitroglycerinből áll. Különösen kedvező keverék a 80% penthrít és 20% nitroglycerin, mert igen képlékeny és már kis nyomással 1.70-1.72 fajsúlyra sajtolható és egyenlő detonációsebesség mellett nagyobb energiataartalmú, mint a tiszta penthrít (1449 cal/kg–1403 helyett) [...] Németországban a 30% vizet tartalmazó penthrít a vasúton szállítható. Ez már jele az elterjedésnek.”<sup>215</sup>

„Pikrinsav (2, 4, 6 trinitrophenol) mint katonai robbanószer – Szerbiát kivéve – a békegyártásból teljesen eltűnt. Kiindulási anyaga vagy a közvetlenül a kátrányból desztillált, vagy a koksizolók gázainak benzoljából synthetikusán nyert phenol. Gazdaságilag igen jelentősek az amerikai viszonyok. Ott a háború alatt synthetikus phenolt tömegesen gyártottak. A háború után a gyártás megszűnt. 1923-ban a mesterséges gyanták gyártása a synthetikus-eljárást ismét életre keltette, úgy, hogy 1926-ban az Egyesült-Államok összes szükségletének 80-90%-át synthetikus úton állították elő. Ez a fordulat szépen mutatja, hogy egy kifejezetten békés ipar szükséglete mily módon képes az egyik leghatalmasabb lövedék-robbantótöltet gyártását minden pillanatban lehetővé tenni. [...]

Tetranitromethylanilin (tetryl) gyártása minden önálló robbanószer iparral rendelkező államban meghonosodott. A gyártási mód azelőtt titokban maradt, csak az utóbbi években jutott nyilvánosságra [...] Az átkristályosított tetrylt robbantógyutacsokban, detonátorokban és kis kaliberű lövedékekben használják. Lökés biztonságát penthrittel keverve, kétségre vonják.”<sup>216</sup>

A cikksorozat 5., *befejező részében*<sup>217</sup> – többek között – az iniciáló robbanóanyagokról olvashatunk.

„Initialrobbanószer (Gyujtoszer). Az egész világot tekintve, még mindig a durranóhigany áll elsősorban; csak Európában, főképen pedig Németországban szorította ki részben az ólomazid. Gyakorlatilag is fontos újítás ezen a téren nem történt, csak különös alaposítással fogtak a kutatók a különböző szabadalmak megvizsgálásához, hogy a jót a hasznavehetetlentől elválasszák. Elmélet és kísérleti ügyesség is eredményezett néhány említésre érdemes dolgot, habár azoknak gyakorlati haszna egyelőre jelentéktelen is. [...]

Taylor és Buxton vizsgálták a durranóezüstöt abból a szempontból, hogy mennyire pótolhatná a durranóhiganyt. Véleményük az, hogy az ezüstó a higanyót robbanótechnikai tekintetben felülmúlja, ára azonban utóbbiának tízszerese. [...]

Az ólomazidnak viszonylag csekélyebb érzékenysége ütés iránt megnehezíti felhasználását csappantyúk töltéséhez, mert a szúrás helyére valamely érzékenyebb gyujtóanyagot kell tölteni. [...]

Ólom-trinitroresorcinát (tricinát). Taylor és Rinkenbach leírták ennek a normális ólom-sónak, mely a modern ólomazid gyutacsokban mint láng-átvivő alkatrész szerepel, úgy az előállítási módját, mint a tulajdonságait. [...]

<sup>215</sup> Stettbacher (1930a): i. m. 85.

<sup>216</sup> Stettbacher (1930a): i. m. 87.

<sup>217</sup> Alfred Stettbacher: A robbanószerszakma 1924-től 1928-ig. V. rész. Ford. Ty. *Műszaki Szemle*, 6. (1930b), 5–6. 210–225.



A pentaerythrit-tetranitrát is hatásos gyutacstöltelék, bár sajtolása robbanásokhoz vezethet. A sajtolt anyag nehezen detonál.”<sup>218</sup>

„Naoun azt a nézetet vallja, hogy annál kevésbé szükséges ezeket az igen érzékeny és heves, bár igen hatásos robbanóanyagokat gyutacsok töltésére felhasználni, mert a tritol- vagy tetryl töltetű gyutacsok nemcsak kezelési biztonságot nyújtanak, hanem nagyobb gyakorlatban elegendő hatást is. Stettbacher szerint ez a tétel főleg az ipari robbanószerekre érvényes, mert a katonaiaknál a hatástöbblet mindig fontos. [...]”

Robbantógyutacsok. Minden államban használják még a régi durranóhigany-chlorát robbantógyutacsokat legalább is a trinitrotoluolos vagy tetranittromethylanilines főtöltettel. De már Anglia és Amerika is foglalkozik egyrészt az ólomazidos töltettel, másrészt a réz helyett a kitűnően alkalmas és olcsóbb alumínium hüvelyekkel. A villamos gyújtású gyutacsok általánosabban kezdenek elterjedni. [...] Az Egyesült Államokban u. n. késleltetős villamos gyutacsokat is használnak.

Stettbacher véleménye az, hogy a német gyutacsok az összesek közül a legjobban felelnek meg a technika és tudomány mai állásának és gyújtó-képességük is legelsősorú. A troisdorfi gyár alumínium hüvelyű tetryl-ólomazid gyutacsába a secundärtöltetet (tetryl) 250-300 kg/cm<sup>2</sup> nyomással, az ólomazid-trinitro-rezorcínát primärtöltetet pedig 200 kg/cm<sup>2</sup>-al sajtolják be. Pl. a 8. számú gyutacs (tehát az, amely a mi szabályzatunk szerint is ekrazit vagy tritol gyújtásához szükséges – Ford.) 0.85 g tetrylt és 0.30 g ólomazid-ólomtrinitrorezorcínátot (4:6 arányban) tartalmaz. Újabban a még hatásosabb u. n. Briskagyutacsokba a tetrylt 2000 kg/cm<sup>2</sup> nyomással, a durranóelegyet pedig 400-500 kg/cm<sup>2</sup>-el sajtolják be.

Fontos újítás az u. n. Eschbach-gyújtó, mely a villamos momentán-gyújtóelegy mögött egy bádogg- vagy papírhüvelyben késleltetőt tartalmaz. Mivel ezt 12 különböző hosszúságban készítenek, megvan annak a lehetősége, hogy egyetlen villamos gyújtással az egyszerre meggyújtott 12 különböző késleltetős gyutaccsal 12 egymásra következő robbanást lehessen 6 sec-on belül előidézni. A California Cap Co. hasonló gyutacsokat gyárt 10 különböző késleltetéssel.

Az alumínium-ólomazid gyutacsok az egyező számjelzésű durranóhiganyosakat hatásereiben felülmúlják, amellet sokkal érzéketlenebbek nedvesség iránt és a folyékony levegő alacsony hőfokán sem mondanak csütörtököt.... A svéd gyutacsok feneke nyílt, mert innen sajtolják be az elegyet. Így aztán azon a helyen lesz az elegy legtömöttebb, ahol a hatásnak kell a legnagyobbnak lennie. Hatásuk jó, áruk azonban magas.

Más válfaj a tüskézett gyutacs, melynek feneke kb. 5 mm-ig be van nyomva. Ezáltal a brizáns hatás növekednék. Wöhler és Kast vizsgálata azonban azt igazolta, hogy a hatás csak a hossz tengely irányában lefelé fokozódik, nem növekszik általában.

Leginkább használatosak a 6. és 8. számú gyutacsok. Amerika néhány nagyüzeme kizárólag csak ezeket gyártja. Európában 3-astól 10-ig minden számút gyártanak, mert dynamithoz a kicsiny és olcsóbb 3. számú is elegendő.”<sup>219</sup>

<sup>218</sup> Stettbacher (1930b): i. m. 213–215.

<sup>219</sup> Stettbacher (1930b): i. m. 216–218.

„Közönséges és detonáló gyújtózsínórok. A közönséges, lassan égő gyújtózsínórok gyártási eljárása a régi, bevált maradt. Új az a javaslat, hogy burkolóanyagul celluloidot, cellont vagy acetylcellusozát használjanak. Ezek az anyagok igen jók vízmentesség és állandó hajlíthatóság szempontjából, de a kátrányos fonadékkal szemben drágák.

A gyújtózsínórok ellenőrző vizsgálata röntgensugárral nagyot fejlődött. A berlini chemia-technikai intézetben Ritter és Bolle kimutatták, hogy a gyújtózsínórok lassú vagy gyors égése a lőporszál alakjával összefügg. Ezt igazolta Sucharewsky guttapercha gyújtózsínórok és robbantó gyutacsok Röntgen vizsgálatával. Az eljárás nagyon jól használható gyártási hibák megállapítására, nem nyújt azonban teljes képet a gyújtózsínórok minőségét jelentő összes tényezőkről.

A detonáló gyújtózsínórok közül legelterjedtebb használatának a »Cordeau Bickford« örvend, melyet a »Davey, Bickford, Smith et Cie« roueni gyára készít, 6 mm átmérőjű, trinitrotoluollal töltött, hajlékony ólomcső alakjában. 8 sz. gyutaccsal detonálásra bírható. Naoum szerint a detonáció sebessége 5400 m/sec. [...] Említésre méltó a volt közös hadseregnél szabványos fulminát gyújtózsínór, melyet jelenleg a prágai Sellier és Bellot gyárt. Ezt veszélytelenül és olcsón állítják elő paraffinnal flegmatizált durranó higanyból. Detonáló sebessége 5000 m/sec. Súlya csekély, hatása biztos. Jutaburkolata következtében elágazásokat könnyen lehet létesíteni. Elsősorban katonai célokra használják. Különleges előnyöket nyújt a detonálózsínór használata folyékony levegővel való robbantásnál, mert a gyújtóvezetéket veszély nélkül és kényelmesen lehet a töltények betöltése előtt a robbantólyukba helyezni [...]

Legújabban Németországban is gyártanak detonáló gyújtózsínórt pentaerithritetranitrat kristályokkal töltött lélekkel és körülbelül 8000 m/sec detonálási sebességgel. Ennek a zsínórnak fonata ugyanolyan, mint a közönséges gyújtózsínóré. Detonáló gyújtózsínórral lehetséges lassan égő robbanószereket, például feketelőport és a robbantólyuk teljes hosszában úgyszólván egyszerre gyújtani, ha a detonáló zsínórt az egész tölteten végig vezetik. Így sokkal brizánsabb hatást lehet elérni (Amerikai Herco-robbantás).<sup>220</sup>

Vörös László a robbanóanyagok történeti fejlődéséről közölt egy részletes cikket 1929-ben.<sup>221</sup>

A *Lőpor és robbanószerek tárolása*<sup>222</sup> című cikk a következőkről tájékoztat. „Az egyes robbanószerek vagy lővőszerek raktárakat általában olyan távolságra kell egymástól felépíteni, hogy egyiknek robbanása ne okozza a másikat is, sem a robbanás detonációs hulláma, sem pedig lángja által. A távolságot általában 50 m-rel lehet megadni az épületeknek sakktáblaszerű elrendezése mellett. Ehhez mérten kell az egyes épületekben tárolható mennyiséget megszabni. Magát az épületet éghetetlen anyagból kell készíteni. Lakóhelyektől, nyilvános utaktól és vasutaktól a távolságot legalább 500 m-rel kell választani, különösen lővőszerek raktáraknál a szerte repülő lövedékek miatt. Mindenkor tekintetbe kell venni a különleges helyi viszonyokat.

<sup>220</sup> Stettbacher (1930b): i. m. 218–219.

<sup>221</sup> Vörös László: A robbanóanyagok történeti fejlődése. *Műszaki Szemle*, 5. (1929), 6–8. 285–290.

<sup>222</sup> Ty.: Lőpor és robbanószerek tárolása. *Műszaki Szemle*, 6. (1930b). 2. 77–80.

Helyesen épített robbanószer raktárak nem veszélyeztetik a környéket szerterepülő nagy darabokkal, hanem csak a robbanási hullámmal. Ezeket, ha bennük több mint 1000 kg. tárol és a terepalakulás következtében a környék nincsen máris védve, olyan töltéssel kell körülvenni, melynek koronája a raktár legmagasabb pontjánál is 1 méterrel magasabb. Ez a töltés a robbanási hullámát, mely a robbanás központjában egy óriási gázsűrűsödésből áll, és mint longitudinális hullám, kezdetben a detonációs sebességgel, majd gyorsan csökkenve, végül a hangsebességével terjed, felfelé téríti el. 1000 kg robbanószernél kb. 100 méteren túl lévő tárgyakat az ilyen töltés már meglehetősen megvéd a robbanási hullámnak mind lökö- mind szívó hatása ellen. Mivel azonban a felfelé térített robbanási hullám – gömbszerű terjedése következtében – egy bizonyos távolságban ismét érinti a föld felületét, a töltés csak egy bizonyos övben véd. Ezen az övön belül a robbanás hatása olyan erősnek mondható, mint töltés hiányában a kétszeres távolságra lenne. [...] Franciaországban végzett kísérletek alapján feltehető, hogy a veszélyes övnek sugara a felrobbant robbanószer mennyiségének négyzetgyökével növekszik, azaz négyszer annyi robbanószernél, kétszerte lesz nagyobb mint az egyszeri mennyiségnél. Igen, nagy tömegeknél látszólag a köbgyök lenne mértékadó. Az ehhez hasonló képletekből megállapított védőtávolságok csak teljesen sík terepre vonatkoznak, melyben a robbanás hulláma minden irányban akadály nélkül terjedhet. A robbanás fészke és a védendő tárgy közé iktatott védőtöltés csökkenti a hatást. Viszont a védendő tárgy mögött lévő terepmagaslat vagy töltés erősíti a robbanás hatását az illető tárgyon. A robbanási hullámot annál inkább tereli a töltés felfelé, minél közelebb van a raktárhoz. Tehát csak lehetőleg keskeny utat kell a raktár és a töltés közt meghagyni.”<sup>223</sup>

A továbbiakban a raktárépületek építésével és a bennük végzett munkával kapcsolatban olvashatunk érdekes, sokszor a mai napig alkalmazott szabályokat.

Cserneczy Béla 1928-as cikkéről, a cseppfolyós levegővel történő robbantásról már beszámoltunk. Ennek mintegy folytatásaként jelent meg *1930-ban a cseppfolyós oxigénnel végzett robbantási kísérletekről*<sup>224</sup> szóló közleménye.

Külföldi cikktallózás során olvashatunk szintén *1930-ból* egy tudósítást Herman Selének, a berlini „chemia-technológiai intézetben” *zselatindinamit robbanóanyaggal végzett kísérleteiről*.<sup>225</sup> A szakirodalomban több írás is kifogásolta a nitroglicerintartalmú zselatindinamitok detonációsebességének jelentős eltéréseit. Ezek akár 1000–7000 m/s között is változhattak. Több kutató is vizsgálni kezdte az eltérések okát. „Selle kísérleteivel neves dynamitgyárak készítményein akarta a régebbi adatokat felülvizsgálni, valamint az egyes töltények közt fellépő átviteli sebességet megállapítani különböző hosszúságú üregeken át. A felhasznált robbanószerek összetétele nagyjában a következő volt: nitroglycerin 62.5-63.2 %, kollodiumgyapot 2.5-1.8 %, nátron vagy kálsalétrom 26.25-27%,

<sup>223</sup> Ty. (1930b): i. m. 78.

<sup>224</sup> Cserneczy Béla: Robbantási kísérletek cseppfolyós oxigénnel. *Műszaki Szemle*, 6. (1930), 3. 99–102.

<sup>225</sup> Ty.: A zselatindinamit robbanóképességéről és detonációsebességéről. *Műszaki Szemle*, 6. (1930a), 5–6. 224–226.

faliszt 8.0-8.4%, szóda 0-0.35%. A vizsgálatok kiterjedtek a detonációsebesség mérésére, valamint az összenyomás megállapítására.”<sup>226</sup>

„Selle következőkben foglalja össze elért eredményeit. A kereskedelembe kapható I. dynamit 30 mm tölténymérőig, vascsőbe zárva és 8. számú gyutaccsal gyújtva már 3 héttel a robbanószer készítése után csak 2000-3000 m/sec sebességgel, tehát jóval a teljes sebesség alatt detonál. A dynamit munkateljesítménye viszont még 13 hónapi állás után is majdnem teljes marad.

Az összenyomási készüléken mért hatás a maximumnak csak tört része akkor, ha a robbanást pusztán a 8. számú gyutaccsal vezetik be, ami a csökkent detonációs sebesség folyománya. A maximális detonációs sebességet és összenyomást akkor lehet elérni, ha a gyújtást 10 g pikrinsavval erősítjük.

Friss I. dynamitot ugyan már az I. sz. gyutaccsal is robbanásra lehet birni, mégis ajánlatos erősebb gyutacsot használni a robbanóképességnek a tárolás folytán való csökkenése miatt.

Megvénült dynamitnak vissza lehet adni nagy detonációs sebességét, ha egy kissé átgyúrjuk.

Robbantólyukban az egyik dynamittöltényről a másikra való robbanásátvitel sebessége növekszik a töltények közé iktatott légtér hosszával. 1 m hosszú légtérnél 50%-kal nagyobb (egy bizonyos és meg nem állapított határig – Ford.), mint érintkező töltényeknél.”<sup>227</sup>

Korábban bemutattuk *Turcsányi Gyula* 1925-ben íródott cikkét az *I. világháború* során tapasztalt *robbanóanyag- és lőszergyártási gondokról*. Ugyanezzel a témával foglalkozik *Vörös László* is egy *1930-as tanulmányában*,<sup>228</sup> kifejezetten a *robbanóanyag-gyártás vonatkozásában*. „A minden várakozás ellenére négy esztendőre nyúlt nagy háborút a körülzárt központi hatalmak egyéb, talán nem kisebb súlyú körülmény mellett, amilyen az egyre növekvő élelmiszerhiány volt, főként azért sem nyerhették meg, mert a háború hosszú éve alatt nyersanyagkészleteik kimerültek, sőt nagyrészt a pótlóanyagok is elfogytak. Ez a körülmény úgyszólván az egész hadianyagra nézve megállapítható, de fennáll különösen azokra a nyersanyagokra, amelyek robbanó- és lövőszerek készítésére szolgálnak.”<sup>229</sup>

Részletesen bemutatja, hogy a szükséges alapanyagok elfogyása után milyen módon próbálták a hadszíntér igényeit mégis kielégíteni, a gyártást fenntartani.

„A nyersanyaghiány a glicerín és a salétromsav elfogyása alakjában jelentkezett, már a háború első hónapjaiban. [...] Később kénsavhiány is jelentkezett [...] E körülmények első következménye az ipari célokra használt dinamitfésések nitroglycerintartalmának csökkentése volt, továbbá néhány ammonitrát-robbanóanyagnak nitroglycerin nélkül való felhasználása. Miután ezekben az években a koncentrált salétromsav előállítására még csupán chilesalétromból történt, csakhamar hiány mutatkozott nátron és kálsalétromban is, illetve feketelópor és hasonló készítményekben. [...] A nagykaliberű lövedékek leghasználatosabb

<sup>226</sup> Ty. (1930a): i. m. 224.

<sup>227</sup> Ty. (1930a): i. m. 226.

<sup>228</sup> Vörös László: A robbanóanyag-ellátás problémája a háború alatt és után. *Műszaki Szemle*, 6. (1930), 9. 382–387.

<sup>229</sup> Vörös (1930): i. m. 382.

robbanótöltetét, a trinitrotoluolt az ipari robbanóanyagokban alacsonyabban nitrált alkatrészeket is tartalmazó folyékony tri-, illetve dinitrotoluollal helyettesítették. A háború utolsó évében már a nitronaphtalinokat is alkalmazták, azonban csak igen kis mennyiségben, úgy, hogy az akkori készletek jelentékeny része máig is fennmaradt. Átkristályosított, chemiailag tisztá trinitrotoluol előállítása is egyre nagyobb nehézségekkel járt.”<sup>230</sup>

Érdekesekek a zárógondolatai – a logisztikai ellátás szempontjából is: „Általánosságban helyesnek csak az irányzat mondható, mely a békeévek szinte korlátlan nyersanyag lehetőségei mellett sem feledkezik el a háborús elszigeteltségben beálló kényszerhelyzetről, s a békeévek termelése éppen azokat a szempontokat kell, hogy szem előtt tartsa, amelyeket a háború világít meg vér és arany áldozata árán.”

Ugyancsak foglalkoztunk korábban egy *nitropenta-nitroglicerín keverék robbanóanyagról* tudósító tanulmánnyal (1929). Ugyanezzel a témával foglalkozik egy 1930-ban megjelent cikk is, amely további kísérleti eredményeket közöl egy frankfurti szakmai konferencián elhangzott előadás alapján.<sup>231</sup> A korábban már idézett dr. Stettbacher által előállított, általa „penthrinit”-nek nevezett robbanóanyagot 10–70% nitropenta és 90–30% nitroglicerín keverékéből állítja elő. Kiemeli, hogy jellemzői – különösen ütésérzékletlensége – a katonai használatra kiválóvá teszik, akár tűzérzési lőszernek töltésére is alkalmas lehet.

*Nitrokeményítő* címmel jelent meg egy tanulmány – az amerikai szabványt bemutató német cikk tallózásaként – szintén 1930-ban.<sup>232</sup> A szerző kiemeli, hogy „ez a robbanóanyag Németországban sem katonai, sem polgári célra nem használatos. Ennek oka különösen a magas nitrálási fokúak elégtelen stabilitásában és a nitrocellulózénál is nagyobb higroszkopicitásában<sup>233</sup> rejlik. Úgy látszik azonban, hogy az észak-amerikai robbanószeriparnak sikerült ezt a két hátrányt kiküszöbölnie, mert a világháború végén évi 50 millió font gyártási teljesítményt bírtak ebből az anyagból.” Ezt az amerikai gyártási szabadalom rövid bemutatása követi, majd különböző – nitrokeményítőt is tartalmazó – robbanóanyagokkal foglalkozik a szerző.

A *nitropenta* további felhasználási lehetőségeit is kutatták a szakemberek az 1930-as években. Erről tanúskodik egy újabb, ezzel a kérdéskörrel foglalkozó német előadás tallózása.<sup>234</sup>

A *Műszaki Szemle 1930-ban* még egy kiemelkedő cikksorozattal „búcsúzott el” az olvasótól. A *Zeitschrift für Schiess und Sprengstoffwesen* folyóiratban dr. Langhaus által indított *Váratlan robbanások* című cikksorozat fordítását közölte öt folytatásban. Az akár vegyészettörténeti jelentőségű tanulmány bevezetőjében olvashatjuk: „Nemcsak a kimondottan robbanó jellegű anyagok okozhatnak robbanás következtében baleseteket, hanem számos más anyag is, mely rendes körülmények közt egyáltalán nem is képes robbanásra. Sok anyagnál nem is tételezzük fel azt, hogy bármilyen gyors szétbomlásra,

<sup>230</sup> Vörös (1930): i. m. 383–384.

<sup>231</sup> Ty.: Új általános robbanószer. *Műszaki Szemle*, 6. (1930e), 11. 500–501.

<sup>232</sup> Ty.: Nitrokeményítő. *Műszaki Szemle*, 6. (1930c), 12. 545–547.

<sup>233</sup> Higroszkóposág – nedvszívó képesség.

<sup>234</sup> Ty. (1930e): i. m. 500–501.

mely robbanáshoz hasonló képes lenne.” Tekintve, hogy a téma nem tartozik a gyakorlati katonai robbantástechnika kérdéskörébe, nem térünk ki a bővebb bemutatására. Ugyanakkor a vegyész-mérnöki tudományok iránt érdeklődők figyelmébe ajánljuk az értékes összefoglaló anyagot.<sup>235</sup>

Az 1932-ben már a *Magyar Katonai Szemle Műszaki Közlemények* rovatában megjelentetett *Robbanóanyagok, pótrobbanó anyagok* című, a m. kir. Haditechnikai Intézet által jegyzett tanulmány<sup>236</sup> még mindig az I. világháború alatti elégtelen hazai robbantóanyag-gyártás kérdéséhez tér vissza. A szerzők annak a véleményüknek adtak hangot, hogy a robbanóanyaggal történő ellátást minden állam a saját iparától várja, „mert szem előtt tartja azt a tényt, hogy a külföldről importált mennyiségek aranyba és az esetleg késedelmesen beérkező mennyiségek súlyos véráldozatokba is kerülnek [...] A háború megvívásában az igazi sikert csakis az jelentheti, ha a hadművelleti győzelemhez a gazdasági győzelem is csatlakozik.”<sup>237</sup> Mivel azonban a robbanóanyag-gyártás nemcsak szándék és ipari kapacitás kérdése, hanem feltételezi a szükséges nyersanyagok meglétét is (ami Magyarország esetében szintén szűk keresztmetszet volt bizonyos robbanóanyagoknál), „tehát a technika feladatát képezi az adott nyersanyagokkal a szükséges mennyiségeket mégis előteremteni”. Ezért jelent meg a szabványos és a pótrobbanóanyag fogalma a szerzőknél: „Szabványos robbanóanyagoknak nevezzük azokat a készítményeket, melyekkel a lövedékeket békeidején töltjük, s melyek tulajdonságaikkal ideálisan alkalmazkodnak a békebeli katonai követelményekhez (hatás, állandóság, lövés, biztonság, könnyű gyártás és egyszerű szerelés), azonban csak többé-kevésbé a tömeggyártási lehetőségekhez. A pótrobbanóanyagok legfontosabb tulajdonságának a belföldi tömeggyártási lehetőséget írják elő, s az egyéb katonai követelményeknél tesznek esetleg engedményeket.”

A szabványos robbanóanyagként számba jöhető ekrazit (pikrinsav) és trotil gyártásához Magyarország már abban az időben sem rendelkezett megfelelő mennyiségű nyersanyaggal, így a szerzők az ammonsalétromos<sup>238</sup> és dinamit típusú pótrobbanóanyagok hazai előállításának és katonai szükségfelhasználásának lehetőségeit vizsgálták.

Ugyancsak érdemes megemlíteni, hogy az akkori számítások szerint harchelyzetben „a robbanóanyagok legnagyobb fogyasztóját a tüzérségi lőszer képezi, utána következik a gyalogsági kézigránát, majd a légibombák, utász robbanóanyagok és aknák”. A durva becslés szerint a robbanóanyag-szükséglet megoszlása a következő volt:

- tüzérségi lőszer 60%;
- kézigránát 22%;
- légi bombák 10%;
- utász-robbanóanyag és -akna 4%;
- hadianyagipar 4%.

<sup>235</sup> Langhaus: Váratlan robbanások I–V. Ford. Ty. *Műszaki Szemle*, 6. (1930), 5–6. 227–236.; 9. 395–401.; 10. 407–419.; 11. 490–496.; 12. 514–528.

<sup>236</sup> Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok – a Haditechnikai tájékoztató sorozat 17. közleménye. *Magyar Katonai Szemle*, 6. (1932). 123–134.

<sup>237</sup> Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok (1932): i. m. 126–127.

<sup>238</sup> Ammónium-nitrát-alapú.



A szerzők megemlítik, hogy az utászcélokra szánt 4% nagyon bizonytalan adatnak tekinthető, mivel a „korszerű felfogás a műszaki csapatok romboló tevékenységét harcászati és hadműveleti feladatok megoldásánál mind intenzívebben alkalmazza”. Támpont gyanánt szolgálhat – írják – a háborús irodalom azon adata, amely szerint a francia hadszíntéren a visszavonult csapatok kilométerenként 0,5 t robbanóanyagot használtak fel a területrombolás céljaira. Végkövetkeztetésük mindenesetre pozitív volt: a gyártásnak semmilyen akadályát nem látják, ugyanakkor megfelelő rendszabályok bevezetése esetén lehetséges a háborús helyzetben való tömeges felhasználás (erre viszont már békeidőszakban fel kell készíteni a katonákat). Ez tükröződik az 1928-as E-34 Műszaki oktatás vonatkozó fejezetében is.

Kiegészítő adalékok olvashatók a korabeli helyzetről egy *Maróthy Géza által 1957-ben írt* anyagban. „Az első világháború után azonban nem volt nyersanyagunk sem a trotilhoz, sem hozzá hasonló egyéb brizáns robbanóanyaghoz, viszont a keményítő alapanyagokból így buzából, tengeriből és burgonyából nagyobb mennyiség állt rendelkezésre. Ezért a magyar kutatók megindították a kísérleteket, a nitrokeményítő tökéletes stabilizálására. A közel 20 éves kutató munka, amelyben Kunz Alfonz és munkatársait kell külön kiemelnünk, meg is hozta a várt eredményt. Sikerült ugyanis kutatóinknak az első gyártások összes nehézségeit leküzdeni. A honvédség utász alakulatai részére 1940-ben bevezetett »NK-U« (utász) anyag stabilitása immár több mint 15 éves távlatból nézve is teljesen kielégítő. Mégis miután az NK öntéssel nem szerelhető és nem lövés biztos, a trotilal nem veheti fel a versenyt és gyártása csak akkor indokolt, ha a trotil előállításához nem rendelkezünk kellő mennyiségű toluollal.”<sup>239</sup>

*Az új robbanóanyagok hivatalos bevezetése* is megtörtént, ahogy erről a *Honvédségi Közlönyök* aktuális számaiban megjelent rendeletekből értesülhetünk. A 9586/eln. körrendelettel (1934. december 21.)<sup>240</sup> rendszeresítették – az ekrazit „megtartása mellett” – a 34. M. 1 kg-os és a ½ kg-os robbantószelencét, valamint a 0,1 kg-os robbantótöltényt, amelyek „műszaki leírását, kezelési, gyártási és átvételi leírását az elrendelő később adja ki”. A 89.876/eln. 7/m.-1941 körrendelet (1941. július 3.)<sup>241</sup> viszont már *törölte az 1 kg-os robbantószelencét* a honvédség felszereléséből. A 87.588/eln. 7/m.-1942 körrendelet (1942. március 17.)<sup>242</sup> alapján került rendszerbe a 41. M. NK-U. robbantó anyag „0,5 kg-os robbantó szelence, 0,1 kg-os robbantó töltény, tak.,<sup>243</sup> hak.<sup>244</sup> és éra.<sup>245</sup> robb. préstest kiviteli formájában”. A II. világháború befejezése előtt a „páncél rombolás eszközeiként”

<sup>239</sup> Maróthy Géza: *Robbantóanyagok és robbantástechnika. I. rész – Robbantó anyagok*. Sopron–Budapest, Műszaki Egyetemi Karok – Bányamérnöki Kar, 1957b. 17–18.

<sup>240</sup> *Honvédségi Közlöny*, (1934), 1. 2.

<sup>241</sup> *Honvédségi Közlöny*, (1941), 33. 404.

<sup>242</sup> *Honvédségi Közlöny*, (1942), 17. 181.

<sup>243</sup> 43 M tányérakna.

<sup>244</sup> Harckocsiakna.

<sup>245</sup> Érintő repeszakna.

rendszeresítették – a 77.972/el. 7. m. 1944.<sup>246</sup> alapján – az 1 és 3 kg-os robbanótöltetet, pentritol<sup>247</sup> robbanóanyagból.

Ugyancsak az 1932-es tanulmányban foglaltak igazát bizonyította a II. világháború gyakorlata, amikor a rendszeresített robbanóanyag-készletek kimerülése után (a gyártáshoz szükséges alapanyagok beszerzésének reménytelensége miatt) bevezették a „búza-, kukorica- és burgonyakeményítóből előállított robbanóanyagot”, a tri II.-t (nitrokeményítő), amelynek „energiatartalma, brizanciája nagyobb, mint a TNT-é, de kevésbé stabil”.<sup>248</sup> A tri II. nem megfelelő kezelésbiztonságát hangsúlyozza egy volt felhasználója – Damó Elemér – is, aki utászszázad parancsnokaként, saját gyakorlati tapasztalatai alapján írja visszaemlékezéseiben: „Robbanóanyagunk, a tri II. nem volt megbízható. Kétszer is megtörtént, hogy magától meggyulladt és rettenetesen heves lánggal elégett. Első alkalommal a Tisza völgyében, az útromboláshoz előkészített több száz kilónyi robbanóanyagunk gyulladt be. Szerencsére az örök idejében elugrottak. A második alkalommal, az egyik utászom hóna alatt tartott 10-15 érintőakna töltete<sup>249</sup> gyulladt be, az emberem halálát okozva.”<sup>250</sup>

1939-ben Bogdánfy Ödön jelentetett meg egy érdekes cikket a *Természettudományi Közleményekben* A robbanóanyagok hatásossága címmel.<sup>251</sup> Ebben néhány korábbi téves elképzelést is tisztáz a robbanóanyagokról. „A politikai élet nyugtalansága a hihetlenebb híreket bocsátja világgá a halálsugárról, a titokzatos erejű mérges gázzal (melyből egy kis mennyiség elég egy nagy hadsereg elpusztítására), a repülőgép leszállásra kényszerítéséről s eddig ismeretlen erejű robbanó szerekéről stb.

Szerencsére ezek a hírek nem igazak, s ami a nagy erejű robbanószereket illeti, a kémia lehetővé teszi annak kimutatását, hogy ha a robbanóanyagok ereje bizonyos fejlődést mutat is, de még messze vagyunk a csodás erejű szertől, sőt ilyen robbanó csoda feltalálása nagyon valószínűtlen.

Mindenek előtt meg kell jegyeznünk, hogy a robbanó anyag elsüléskor aránylag csekély energiát szabadít föl s romboló hatása csak azért nyilvánul meg, mert ezt az energiát nagyon kis idő alatt adja le.

A következő felsorolás, melyben összehasonlításként egy pár nem robbanó anyag elégsékeskor fejlődő meleg mennyiséget is felsorakoztatunk, élénken megmutatja, hogy az egyes robbanószerek kilogrammjának elégsége mennyi kalóriát fejleszt:

|                    |        |
|--------------------|--------|
| – kőolaj           | 11 000 |
| – száraz fa        | 4100   |
| – hidrogén és ózon | 3800   |

<sup>246</sup> M. kir. Honvédelmi Miniszter 77.972/el. 7. m. 1944. 1 és 3 kg-os robb. töltet kezelési utasítása. Budapest, Attila nyomda részvénytársaság, 1944.

<sup>247</sup> Nitropenta és trotil keverék robbanóanyag.

<sup>248</sup> Bohus Géza – Horváth Zoltán – Papp József: *Ipari robbanástechnika*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1983. 78.

<sup>249</sup> A tri II.-t nemcsak utász robbanóanyagként, hanem aknák töltésére is használták.

<sup>250</sup> Damó Elemér: Műszaki csapatok a Kárpátokban a II. világháború alatt. *Műszaki Katonai Közöny*, 4. (1994), különszám. 50.

<sup>251</sup> Bogdánfy Ödön: A robbanóanyagok hatásossága. *Természettudományi Közlemények*, (1939), pótfüzet. 135–137.

|                            |      |
|----------------------------|------|
| – acetiléngáz és ózon      | 3376 |
| – szén és folyékony oxigén | 2136 |
| – dinamit (robbanózelatin) | 1540 |
| – nitropentaeritrit        | 1418 |
| – hexogén                  | 1270 |
| – cheddite                 | 1185 |
| – lögyapot                 | 1025 |
| – pikrinsav                | 1000 |
| – trinitrotoluol           | 950  |
| – fekete puskapor          | 665  |
| – durranó kéneső           | 357. |

Mint a kimutatásból látható, a főbb robbanószerek kg-ja 1000-1500 kalóriát ad az elsülés-kor s nem igen remélhető, hogy hatásosabb ily anyagok előállíthatók lennének. Továbbá levonható a táblázatból az a következtetés is, hogy nem egyedül a leadott hőmennyiség az a tényező, mely a robbanó anyag értékét megállapítja. Így pl. a fekete puskapor több meleg mennyiséget ad a hatásosabb durranó kénesőnél.

Nagyon fontos a szer megítélésében a robbanássebesség. Íme egy újabb felsorolás néhány robbanássebességre (m/s):

|                        |       |
|------------------------|-------|
| – trinitropentaeritrit | 8400  |
| – hexogén              | 8380  |
| – pikrinsav            | 7000  |
| – trinitrotoluol       | 6700  |
| – durranó kéneső       | 6000. |

Az adatokból látható és következtethető, hogy ez a sebesség nem igen haladhatja meg a 8500 m-t másodpercenként.

De még más megfontolások is számba jönnek a robbanószer használhatósága dolgában. Így a fajsúlynak is megvan a maga jelentősége. Könnyű belátni, hogy mennél nagyobb az anyag fajsúlya, annál nagyobb súlyt lehet belőle ugyanoly űrfogatú lövedékbe elhelyezni s annál nagyobb lesz a lövedék rombolóhatása. [...]

Ellenállásuk az ütéssel szemben szintén nagyon fontos mind a kezelés, mind az elsütés, mind a lövedék megtöltése és az ellenséges lövedékek szétvetődése okából. A kémiai stabilitás igen lényeges, mert lehetővé teszi romlás nélküli eltartásukat és akadályozza időelőtti elrobbanásukat.

Végül elkészülésük könnyűsége is figyelembe jön, hogy azok az anyagok, melyekből gyártják, azon a vidéken legyenek kaphatók, vagy előállíthatók, ahol szükség van rájuk s nem kell külföldről behozni őket. Így pl. az olaszok a spanyol háborúban a hexogént alkalmazták, melynek anyagát a fől sziget szolgáltatta. [...]

Hogy valamely robbanó molekula szétbomoljon, egy bizonyos mennyiségű energiát kell vele közölni, melyet hatáskeltő energiának neveznek. Ez az energia éppen nem kevés és nagyobb is lehet, mint az az energia, mely egy nem robbanó anyag molekulájának

szétbomlására szükséges. Hogy a robbanás elterjedjen az egész anyag tömegére, szükséges, hogy az első molekula szétbomlásakor fölszabaduló energia nagyobb legyen, mint a hatás-keltő energia. Ily körülmények közt az a molekula, mely fölrobbant, előidézi a szomszédos molekula robbanását s így terjed a jelenség molekuláról molekulára.

A benzol, a difenilamin nem bomlanak robbanva, mert egy molekulájuknak szétrombolásával fölszabaduló energia nem elég egy más molekula szétbontására. Ha a molekula fölbomlásakor fölszabaduló energia sokkal nagyobb a hatáskeltő energiánál, ez a molekula egyszerre több más molekulát tehet hatásossá és így a szétbomlás többirányban és gyorsabban halad előre.”<sup>252</sup>

1943-ban Vajdafy Aladárnak *A kémia és vívmányai* című kötetben megjelent könyvfejezete szintén a *robbanóanyagokról* szól, röviden bemutatva fejlődésük történetét.<sup>253</sup>

Ugyancsak 1943-ban jelent meg Baskai Ernő érdekes cikke a *hadviselés festékeiről*.<sup>254</sup> Az első mondatai szerint: „A színesanyagok mind egymagukban, mind kötő anyaggal festékké dörzsölten, a hadviselés jelentős eszközei. – Első feladatuk a harcosok ruházatának színezésénél adódott.”

A folytatásban is az álcázó színek fejlődéséről értekezik egészen addig, amíg el nem érkezik a *robbanószerekig, amelyek „között is számos színesanyag van*. A sorozatból a pikrinsav, a trinitrofenol a legismertebb. Von Woulfe már 1771-ben előállította. Selymet, amelyet savanyú oldata szép zöldességére színez, először Guinon »festett« véle (1849). A gyapjúszínezésben szintén hamarosan szerepet kapott. Indigóval vagy berlinikéssel zöldet ad. Szépítésre is használták. Leginkább az anilin-, másként jódzölddel színezett kelmék árnyalására vált be. De piros szövetek »nüanszirozására« is szolgált. Főként divatszíneknél kedvelték. A fa pácolásánál és, minthogy keserű ízű, mérgező volta ellenére, a sörgyártásban »komlópotlóként«, egyúttal színezésre alkalmazták. Hogy durranóhigannyal felrobbantható, Sprengel állapította meg (1871). A franciák, 3-4% cellulóznitráttal kocsonyásítva, brizáns hatású lövedékekben használták. Az anyagot melinitnek nevezték. – Az ömlesztett, majd ismét megdermedt anyag, Turpin kísérletei nyomán (1886), hamarosan gránáttöltetként vált ismertté. Az angolok gyártelepük helyéről, Lydd községről, lidditnek mondják.”<sup>255</sup>

Ezt követően részletesen ismerteti a pikrinsav gyártását, majd további alkotóelemek hozzáadása révén történő, robbanóanyag célú továbbfejlesztését. „Az 1865-ben Roth-tól előállított phénicienne vagy fenilbarna is selyem vagy gyapjú »festék«. Anyaga a dinitrofenol, mint emlékezünk, leginkább pikrinsavval együtt, még a múlt világháborúban is robbanószerként szerepelt. Sói színesek és robbanók.

Caro és Gries a salétromossav és az anilin egymásra hatásakor kapott terméket sósav-káliumbikromát eleggyel kezelve, krómsavas diazobenzolt készített. Durranó-anilin néven a durranóhigany helyettesítésére szánták. A gyutacskészítésben kivülről még két más színesanyag is szerepet kapott. Ezek a tetranitrometilánilin (tetril) és a trinitrotoulol (trotil).

<sup>252</sup> Bogdánfy (1939): i. m. 135–137.

<sup>253</sup> Vajdafy Aladár: *Robbantó anyagok*. In Erdey-Grúz Tibor – Gróh Gyula (szerk.): *A kémia és vívmányai I. II. rész – A szervetlen világ anyagai*. Budapest, Kir. Magyar Természettudományi Társulat, 1940. 286–289.

<sup>254</sup> Baskai Ernő: A hadviselés festékei. *Technika*, 1943. 7. 470–474.

<sup>255</sup> Baskai (1943): i. m. 473.

Mindkettő sárga. A világháborús német repülőbomba töltete, a 60% tolitból és 40% hexanitrodifenilaminból, ebből a régebben ugyancsak sáfrány »pótló«-vegyületből és aurantia néven selyem, sőt cukorkák »festésére« használt anyagból álló keverék is sárga volt.”<sup>256</sup>

A vizsgált időszak utolsó három, robbantóanyagokkal kapcsolatos tanulmánya a *Magyar Katonai Szemle* számaiban jelent meg a későbbi magyar robbantástechnika kiemelkedő jelentőségű szakembere, Maróthy Géza tollából.<sup>257</sup>

Az 1943-ban megjelent tanulmány *A trotil* címmel mutatja be tudományos igénnyel ennek a katonai szempontból kiemelt fontosságú robbanóanyagnak a főbb jellemzőit, gyártását és felhasználását.<sup>258</sup> Az ugyancsak 1943-as második cikkét *Nitropenta és hexogén* címmel közölte.<sup>259</sup>

A *Robbanóanyagok kezdőgyűjtása*<sup>260</sup> című 1944-es tanulmánya még ma is a robbantástechnikai szakirodalom zsinórmértékéül szolgál az alábbi, abban megjelent gondolatokkal.

„Robbanóanyagoknak általában olyan gyakorlatilag használható vegyületeket vagy keverékeket nevezünk, amelyek megfelelő energiaközlés hatására igen rövid idő alatt nagy térfogatú és magas hőfokú gáztermékké alakulnak, miközben lökhullámokat gerjesztve környezetükben jelentékeny törő, zúzó, illetőleg romboló munkát végeznek.

Robbanás alatt viszont olyan rövid idő alatt lejátszódó hőtermelő vegyi átalakulást értünk, amelynél valamilyen külső behatásra (energia közlésre) a robbanóanyag labilis molekulái nagy sebességgel magas hőfokú és nagy nyomású, de stabil szerkezetű gáz illetőleg gőz molekulákká alakulnak, miközben a felszabadult kémiai energia egy részt mechanikai, másrészt hőenergiává alakul.

A vegyi átalakulás, azaz atomátcsoportosulás a legtöbb robbanóanyagnál lényegében égési (oxidációs) folyamat s termékei főleg magas hőfokú és nagy nyomású – tehát hatalmas munka elvégzésére alkalmas – gázok. Egy kg nitropenta (a ma ismert egyik legerősebb robbanóanyag) felrobbanásánál pl. kereken 1400 Kal. melegmennyiség szabadul fel, ami (1400x427) kereken 600.000 mkg munkának felel meg.

Az oxidációs folyamat végbemeneteléhez éghető anyag – szén és hidrogén – valamint kellő mennyiségű oxigén szükséges. Utóbbit a legtöbb anyagnál az ú. n. nitro(NO<sub>2</sub>) csoportokban találjuk meg. A nitrogén tehát csak mintegy foglalatot képez az oxigén számára. A robbanóanyagoknak az égéshez szükséges összes elemeket önmagukban kell tartalmazniok, mert az igen nagy detonáció, illetőleg reakció sebesség miatt az égés kívülről nem táplálható. Ez a jellegzetesség különbözteti meg a robbanóanyagokat a tüzelő és motorhajtó anyagok – sokszor jelentősen nagyobb kalóriatartalmú – csoportjától. A benzinnel pl. közel 8-szor nagyobb az energiatartalma, mint a nitropentának, de ez csak akkor juthat

<sup>256</sup> Baskai (1943): i. m. 474.

<sup>257</sup> A Ludovika Akadémián végzett műszaki tiszt, vegyész-mérnök, később – egyebek között – a Haditechnikai Intézet Robbanóanyag és Pirotechnikai Laboratóriumának, majd a Hadikémiai Osztálynak a vezetője. Részletes szakmai életútját lásd: [www.ch.bme.hu/document/1022/original/2000\\_Vitez\\_Marothy\\_gyd.pdf](http://www.ch.bme.hu/document/1022/original/2000_Vitez_Marothy_gyd.pdf)

<sup>258</sup> Maróthy Géza: *A trotil. Magyar Katonai Szemle*, (1943a), 7. 142–151.

<sup>259</sup> Maróthy Géza: *Nitropenta és hexogén. Magyar Katonai Szemle*, 13. (1943b), 10. 162–171.

<sup>260</sup> Maróthy Géza: *Robbanóanyagok kezdőgyűjtása. Magyar Katonai Szemle*, 14. (1944), 3. 602–612.

érvényre, ha az égési folyamathoz, azaz a vegyi átalakuláshoz a környezetből kellő mennyiségű oxigént kap. [...]

A brizáns hatású robbanóanyagoktól – amint arra az elmúlt évben a »Trotlik« c. közleményben már rámutattunk – megkívánjuk:

1. a kezelésbiztonságot, azaz hadihasználhatóságot;
2. kémiai állandóságot, azaz stabilitást;
3. a nagy energia tartalmat, azaz mennél nagyobb hatást;
4. a könnyű alakíthatóságot, illetőleg szerelhetőséget és
5. a könnyű, biztonságos és emellett lehetőleg hazai nyersanyagokból történő előállítását. [...]

A fenti brizáns, de kezelésbiztos robbanóanyagok kezdőgyújtása (iniciálása) mindig lépcsőzetesen az ú. n. gyújtólánc segítségével a progresszivitás elve alapján történik. Ez alatt azt értjük, hogy a gyújtóláncban a – már ütéssel, lánggal, szikrával, vagy dörzsöléssel iniciálható – kis tömegű és védett csomagolású igen érzékeny robbanó anyagot vagy anyagokat tartalmazó első tagból (elemből) nyert energiát a további tagokban lépcsőzetesen mindaddig fokozzuk, míg az energia koncentráció el nem éri azt a fokot, mely már elegendő az egész robbanó töltet tökéletes robbanásának kiváltására.

A kezdőgyújtás (iniciál impulzus) hatására a robbanás, ha az iniciáló energia elég nagy ahhoz, hogy a molekulák ellenállását legyőzze, molekuláról molekulára terjed tovább. Minél érzékeltlenebb (kezelés biztosabb) egy robbanóanyag, annál nagyobb energia szükséges tehát a tökéletes robbanás kiváltásához. Ha a közölt energia kevés a kezdeti tehetetlenségi ellenállás legyőzésére, úgy az atomátcsoportosulás meg sem tud indulni s a robbanás befullad.”<sup>261</sup>

## 2.2. Robbantóanyagokkal foglalkozó szakcikkek 1945–1990

1945 után nemcsak a társadalmi rendszerben, hanem a fegyveres erők szervezetében és felszerelésében is teljes változás történt. Igaz volt ez az újonnan alapított katonai szakfolyóiratokra is. Az 1945 előtti szerzőket az 50-es évektől már gyanakvással fogadták. Egy részük tovább dolgozhatott, mint például *Maróthy Géza*. 1949–1950-ben még hadikémiai osztályvezető volt a Haditechnikai Intézetben, és oktatott, jegyzeteket írt a Műszaki Egyetem hadmérnöki hallgatói számára.<sup>262</sup> Ezt követően – már a civil életben – először a Kőbányai Gyógyszerárugyárban (a civil üzemek egy része „leplezett” hadianyaggyártással is foglalkozott abban az időben), majd a Bányagyutacsgyárban, végül a Robbanóanyagipari Felügyeletnél foglalkozhatott robbanóanyagok gyártásával

<sup>261</sup> Maróthy (1944): i. m. 602–606.

<sup>262</sup> Maróthy Géza – Bárány István – Falkai Béla: *Robbantóanyagok I. Általános és katonai robbantóanyagok*. Budapest, Haditechnikai Intézet – Műszaki Egyetemek és Főiskolák Hadmérnöki Tagozatainak Parancsnoksága, 1950; Maróthy Géza – Falkai Béla: *Robbantóanyagok II. Ipari robbantóanyagok, lőporgyártási alap- és segédanyagok, pirotechnika*. Budapest, Haditechnikai Intézet – Műszaki Egyetemek és Főiskolák Hadmérnöki Tagozatainak Parancsnoksága, 1951.



és ezek biztonságos ipari alkalmazásával. Másokat, mint például *Misnay Józsefet*, a világ összes szakirodalmában Misnay–Schardin-effektusként ismert robbanással formált lövedék magyar feltalálóját (a 3. fejezetben részletesen szólnunk róla) ugyanebben az időben eltávolították a Haditechnikai Intézetből, és élete utolsó éveiben többek között gyerekek matematika- és fizikakorrepetálásából tartotta fenn magát.

Az új Magyar Néphadseregben a trotil vált a fő rendszeresített robbanóanyaggá, de a II. világháború után a romokban heverő országban a robbantóanyag-gyártást is újra kellett építeni. Balatonfűzfőn a Nitrokémia Ipartelepek, Peremartonban az Ipari Robbanóanyag-gyár, Sajóbábonyban a trotilgyártásra is alkalmas Észak-magyarországi Vegyiművek robbanóanyaggyára, Budapesten a Mechanikai Művek épült meg. A gyutacsgyártás Nagytétényben, majd Tatabányán folyt.<sup>263</sup> De mindezek létrehozása időbe telt, miközben a helyreállításhoz, az ipar újraindításához a civil életben is robbanóanyagokra volt szükség. Így lettek ebben az időben az ország robbanóanyag-ellátói a honvédség tüzszerészei azzal, hogy a fel nem robbant, nagy ürméletű tüzérségi lőszerkekből és légibombákból – a hatástalanításuk után – kibontott robbanóanyagot átadták az ipar szereplőinek.

*Halassy Géza* 1988-ban írt cikkében<sup>264</sup> olvashatjuk erről az alábbiakat: „Közvetlen segítségnyújtásként a HM csupán az Iparügyi Minisztériumnak 1945 májusától 1946 novemberéig 650 tonna robbanóanyagot és ócskavasként 176.262 kg bombát adott át. Ezen felül a Hídepítő Vállalatnak, az Ipari Robbanóanyag RT-nak, a Rimamurányi Ipari Robbanóanyag RT-nak, a Magyar Általános Kőszénbánya RT-nak, a Somoskőújfalusi Bazaltbánya RT-nak, a Salgótarjáni Vasműnek és Vadásztölténygyárnak több mint 60 tonna vegyes robbanóanyagot adott át.”<sup>265</sup>

„A Balatonon és partjain telepített aknazárak felkutatása, valamint hatástalanítása, a népgazdasági jelentőségű balatoni halászat mellett, lehetővé tette a hajóforgalom biztonságos beindítását, valamint a tó üdülőjellegének visszaállítását. Eközben a hajós aknakeresők 1945-ben 31 elsüllyedt hajó kiemelésénél segédkeztek és mintegy 12 000 kg kiszerelt robbanóanyagot adtak át a szénbányászat részére.”<sup>266</sup>

*Gellért Tibor* ennél még pontosabb adatokat közöl a levéltári kutatásai alapján 1973-as cikkében.<sup>267</sup> „Aknakutatóink jelentős segítséget nyújtottak az üzemek és bányák termelésének megindításához, a romok és roncsok eltakarításához. A Honvédelmi Minisztérium 1945. július 13-án kiadott rendeletében a hatástalanított s még használható robbanótestek felrobbantását megtiltotta, mert »az újjáépítés során azokat jól fel lehet használni a hídroncsok kiemelésénél és egyéb munkálatoknál«. A hatástalanított robbanóanyagnak különösen a bányászatban volt nagy jelentősége, mert sok helyütt a munka megindítását nem egyszer éppen a robbanóanyag hiánya akadályozta.

<sup>263</sup> Bővebben lásd Lukács (2017b): i. m. 44–46. és 60., valamint a 4. és 6. mellékleteket.

<sup>264</sup> Halassy Géza: Az ország akna- és lőszermentesítése (1945–1980 között). *Honvédelem*, 39. (1988), 11. 102–111.

<sup>265</sup> Halassy (1988): i. m. 104.

<sup>266</sup> Halassy (1988): i. m. 106.

<sup>267</sup> Gellért Tibor: Az új magyar hadsereg aknakutató és tüzszerész alakulatainak tevékenysége. *Hadtörténelmi Közlemények*, 20. (1973), 3. 481–522.

A Honvédelmi Minisztérium rendszeresen nagyobb mennyiségű robbanóanyagot adott át a különböző tárminisztériumoknak ipari célokra, így 1945. augusztus 4-én kétvagonnyit 1945 májusától 1946. november 19-ig az Iparügyi Minisztérium 650 tonna robbanóanyagot vett át. Az 1. honvéd kerületi parancsnokság 1946. szeptember 3-án jelentette a honvédelmi miniszternek, hogy augusztusban huszonhat darab 500 kilogrammos és harminckét darab 250 kilogrammos hatástalanított bombát adott át az iparnak. Egy 1946. november 6-án készült kimutatás szerint az Iparügyi Minisztérium 176–265 kilogramm hatástalanított bombát vett át. E kimutatás szerint további elszállításra várt még: 37 db 50 kg-os, 37 db 250 kg-os, 2 db 1000 kg-os és 31 db 500 kg-os bomba. Aknakutatóink nem egész egy év alatt 400–500 vagon szétszórt robbanásveszélyes lőszert, robbanóanyagot és bombát gyűjtöttek össze és szállítottak egy-egy tárolási helyre. Ennek mintegy háromnegyed részét – tehát 300–350 vagonnyit – hatástalanították és a kiszerelt robbanóanyagot, közel 100 tonnát ipari célokra adták át.

Ezt a lehetőséget felismerve az egyes vállalatok közvetlenül is fordultak kérelemmel a honvédelmi miniszterhez, sőt esetenként az aknakutató alakulatokhoz, így például az Ipari Robbanóanyag Rt. teljesen a Honvédelmi Minisztériumra támaszkodva kezdte meg működését. A Tihanynál kifogott 201 darab, egyenként 200 kilogrammos víziaknát kapták meg. A somoskőújfalui Bazaltbánya Rt. 1945. augusztus 2-án kelt levelében 800 kg robbanóanyagot kért és kapott a Honvédelmi Minisztériumtól. »Az aknaszedők a széntermelési csatából is kivették a részüket – írja visszaemlékezésében Hiczó György tűzszerész. – Az én járőröm hetenként 4-500 robbanófejet szállított, amit a pécsi bányászok fel használhattak a szénfalak robbantásánál.« Az ózdi bánya 95 mázsa, a Salgótarjáni Vasmű 50 mázsa robbanóanyagot igényelt és kapott. 1945. október 26-án a Vadásztöltény Gyár rendelkezésére bocsátottak 5000 kg tiszta trinitrotoluolt. A csepeli Weiss Manfréd Gyár 1946. szeptember 7-én arról értesítette a Honvédelmi Minisztériumot, hogy »kész átvenni minden mennyiségű fémhulladékot...« (tehát hatástalanított robbanó testeket is), és egyben közli, hogy a »jelzett 6 vagon már szállítják is«. Az aknakutatók által összegyűjtött anyagot felhasználták az árvízvédelmi munkálatoknál is. Például a Honvédelmi Minisztérium egy alkalommal a Tiszán felgyülemllett jégtorlaszok – amelyek elsodrással fenyegették a hidakat – felrobbantására 10 tonna lőport, 2000 db gyutacsot és 3000 fm kettős angol gyújtózsínort biztosított.”<sup>268</sup>

*A kor katonai szakfolyóirataiban tallózva összesen 12 darab, robbanóanyagokkal foglalkozó cikket találunk. Mindezt abban az időben, amikor a Haditechnikai Intézet újult lendülettel fordult az új katonai fejlesztések felé, és a sorra épülő gyárakban is egyre újabb és újabb robbanóanyagokat és gyutacsokat fejlesztettek ki. A katonai titoktartás azonban gátat szabott a szakmai információk szabad közlésének. Így aztán aki szakmailag akart továbbfejlődni, az a civil robbantástechnika felé fordult. A szakterület kiváló szakemberei dolgoztak a Bányászati Fizikai Kutató Intézetben Tatabányán (a teljesség igénye nélkül Bencz József, Dárdai Pál, Deres József, Horváth László, dr. Kis Miklós, Koczor László, dr. Kóta József, Papp József), a Miskolci Nehézipari Egyetem Bányamérnöki*

<sup>268</sup> Gellért (1973): i. m. 500–502.

Karán (dr. Bohus Géza, dr. Földesi János), a Bányagyutacsgyárban (Maróthy Géza és Pohl Jeromos) és a Mechanika Művek Speciális Divíziójánál (dr. Molnár László). Az akkori kutatóintézetekben is (például Vasipari Kutató Intézet, Gépipari Technológiai Intézet, Villamosipari Kutatói Intézet) komoly fejlesztések folytak, amelyek eredményeit az adott terület szakirodalmában publikálták, szakmai konferenciákon előadták. Még egy gond volt a kezdeti időkben: a megfelelő nyelvtudás hiánya. A II. világháború előtti időben a németnyelv-tudás széles körű volt, nem véletlen, hogy a feldolgozott, folyóiratokban bemutatott külföldi cikkek főleg erről a nyelvterületről származtak. Az orosz nyelvtudás kevésbé volt elterjedt, így – az egyébként szintén világszínvonalú – orosz robbantástechnika eredményeiről nehezebb volt ismereteket szerezni. Szerencsére az ipari vállalatok erre is találtak megoldást: kiemelkedő orosz tudósok munkáit szakfordítókkal lefordíttatták. Így válhatott aztán közkinccsé például a Bányagyutacsgyár jóvoltából az Andrejev–Beljajev szerzőpáros<sup>269</sup> vagy Sidlovszkij<sup>270</sup> és Lurje<sup>271</sup> könyve. A Villamosipari Kutató Intézetben Sztanjukovics<sup>272</sup> robbanásfizikai művét fordíttatták le.

A tudományos szakmai életet két szervezetnél működő robbantástechnikai szakmai közösség szervezte. Dr. Mueller Othmár az Építéstudományi Egyesületben (ÉTE)<sup>273</sup> alapította meg a Robbantástechnikai Szakosztályt, amelynek élete végéig elnöke volt. Dr. Bohus Géza az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE) Robbantástechnikai Szakbizottságának titkáráként, majd elnökeként végezte 24 éven keresztül elismerésre méltó munkáját.<sup>274</sup> A két szakmai szervezet által rendezett hazai és nemzetközi konferenciákon, szakmai napokon nemcsak az ipari robbantástechnika képviselői, hanem hivatásos katonák is aktívan részt vettek, így is bővítve ismereteiket.

A továbbiakban rövid összefoglalót adunk az időszak katonai szakfolyóirataiban megjelent, robbanóanyagokkal kapcsolatos cikkekből.

1956-ban a *Katonai Szemlé*ben jelent meg Szeberényi István százados írása *Robbanóanyagok a haditechnikában* címmel.<sup>275</sup> A hétoldalas tanulmányban egy rövid robbanóanyag-fejlődéstörténeti bevezető után a robbanás és a robbanóanyag fogalmát, a robbanási folyamatok osztályozását és a gyújtólánc működését (iniciálás) tárgyalja a szerző. A robbanóanyagok osztályozásánál kitér a katonai robbanóanyagokkal szemben támasztott speciális követelményekre is, úgymint: kellő energiatartalom, külső behatásokkal szembeni érzéketlenség, kémiai stabilitás, könnyű alakíthatóság és szerelhetőség, könnyű, olcsó és biztonságos, elsősorban hazai alapanyagokon nyugvó gyárthatóság. A szerző itt leszögezi, hogy „a jelenleg ismert és felhasznált robbanóanyag közül egyik sem elégíti ki maradék nélkül a fenti

<sup>269</sup> K. K. Andrejev – A. F. Beljajev: *A robbanó anyagok elmélete*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1965.

<sup>270</sup> A. A. Sidlovszkij: *A pirotechnika alapjai*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1965.

<sup>271</sup> A. J. Lurje: *A töltetek villamos gyújtása*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1964.

<sup>272</sup> K. P. Sztanjukovics (szerk.): *A robbanás fizikája*. Moszkva, Nauka, 1975. (a VKI saját könyvtárában).

<sup>273</sup> 1952-ben Építőipari Tudományos Egyesületként alapították, 1990-ben vette fel az Építőipari Tudományos Egyesület nevet.

<sup>274</sup> A két szakmai szervezet tagjai alapították 2004-ben a mai napig aktívan működő Magyar Robbantástechnikai Egyesületet (MARE): <http://mare.info.hu>

<sup>275</sup> Szeberényi István: *Robbanóanyagok a haditechnikában. Katonai Szemle*, (1956b), 9. 104–110.

követelményeket, csak arra tudunk szorítkozni, hogy olyan robbanóanyagokat állítsunk elő, amelyeknek tulajdonságaiban a legjobban megközelítik az ideális robbanóanyagot”.<sup>276</sup>

Ezt követően részletesen bemutatja az iniciáló (durranóhigany, ólom-azid, trizinát), a brizáns (trotil, pikrinsav, tetril, nitropenta, hexogén) és az ammonsalétromos robbanóanyagok (ammónium-nitrát) főbb jellemzőit, előállításukat és felhasználásukat. A tanulmány végén egy táblázatban foglalja össze a tárgyalt robbanóanyagok vegyi összetételét, fajsúlyát, olvadási pontját és detonációsebességét.

Maróthy Géza 1957-ben immár a *Bányászati Lapok*ban közölt egy kiváló cikket<sup>277</sup> a *villamos gyújtásról és a hazai villamosgyutacs-gyártás beindításáról*. A cikk elején fontosnak tartotta a szakterminológia eltéréseinek tisztázását. „Előjáróban megjegyezzük, hogy az esetleges összecserélés megakadályozása érdekében többben nevezik azokat a villamos áram, hőhatására működő gyújtólánc elemeket, amelyek csak lángot adnak, villamos gyújtóknak, míg azokat, amelyeket már a gyártó üzemben összeszerelnek robbantógyutaccsal, elektromos gyutacsnak. Ez az elnevezés szerepel Pohl: »Villamos gyújtás« c. ismertetőjében és az Egyetemi jegyzetekben is. Az 1956-ban kiadott Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat hol »villamos-gyutacs«, hol »elektromos-gyutacs«, hol meg »elektromos villamos gyutacs« elnevezést használ az izzógyújtóval összeszerelt gyutacsokra. Kóta: »Lőmester« c. könyvében mindenhol a »villamos gyutacs« elnevezéssel találkozunk. Mi a továbbiakban a legmagyarosabb villamosgyújtó és villamosgyutacs kifejezést használjuk.”<sup>278</sup>

Ezek után bemutatja a különféle típusú villamos gyújtókat és azok főbb jellemzőit. „A különféle típusú villamosgyújtók közül először az ún. megszakított-, majd az izzószálas villamos gyújtók és az ezeknek megfelelő villamosgyutacsok terjedtek el. A megszakított gyújtókhoz a nagy ellenállású (1000-1 millió ohm) szikra- és a közepes ellenállású (300-1000 ohm) ún. térközös vagy röviden térköz-gyújtók tartoznak. Előbbiek indításához villamos szikra, tehát igen nagy feszültség (több ezer volt) szükséges, ezért a gyakorlatban a szikragyújtókat már sehol sem alkalmazzák.

A térközös gyújtóknál a megszakított vezetékek közötti térközt (rést) a villamos áramot vezető gyújtóeleget tölti ki. Ezeket nem nagyfeszültségű árammal előidézett szikra, hanem az elektromos áramot vezető elegyen áthaladó áram hőhatása indítja. A térközös gyújtók használata azonban igen korlátozott, mert ellenállásukat igen nehéz azonos értékre beállítani s ez megnehezíti sorozatindíthatóságukat.

Az iparban jelenleg úgyszólván kizárólag izzószálas villamosgyújtókat vagy röviden izzógyújtókat használunk. Ezek ellenállása általában 1-4 ohm, ezért szokták ezeket kis ellenállású izzógyújtóknak is nevezni. Külföldön helyenként nagyobb ellenállású (50-150 ohmos) izzógyújtókat is használnak, amelyek nagyobb biztonságot nyújtanak a kóboráramok ellen.”<sup>279</sup>

A cikk további részében részletesen bemutatja az izzógyújtókkal szemben támasztott követelményeket, az egyenáram hatását az izzógyújtókra, az izzógyújtók szétválogatásának

<sup>276</sup> Szeberényi (1956b): i. m. 106.

<sup>277</sup> Maróthy Géza: A villamosgyújtás és villamosgyújtóink. *Bányászati Lapok*, 90. (1957a), 6. 297–307.

<sup>278</sup> Maróthy (1957a): i. m. 297.

<sup>279</sup> Maróthy (1957a): i. m. 297–298.

kérdését, gyújtási érzékenységüket és a gyújtási impulzus kérdéseit, a biztos sorozatindíthatóság feltételeit, a gyújtófejek gyártását és vizsgálatát, végezetül pedig a hazai gyártású pillanathatású és időzített gyújtású villamos gyutacsokat.

Szintén a robbanóanyag-töltetek villamos gyújtásához kapcsolódik a *Honvédségi Szemle* 1958. évi 4. számában megjelent, a *Villamos gyújtásnál alkalmazandó mérő és ellenőrző műszerek használata* című cikk,<sup>280</sup> amelyben a szerzők a szabályzatokban foglaltakhoz képest annyiban nyújtanak többet, hogy:

- részletesebb útmutatást adnak a kis és a nagy ellenállásmérő, a feszültségmérő („egyetemes rajműszer” néven is említik), valamint az izzógyújtógépek ellenőrzésére szolgáló ellenállásszekrény használatának szabályairól;
- a legapróbb részletességgel bemutatják a robbantó osztag három részlegének (összekötő vezetékét szerelő és kifestető, fővezetékét szerelő és kifestető, gyújtóhelyet berendező) feladatait, azok elvégzésének szabályait;
- példákkal szemléltetve ismertetik a villamos gyújtóhálózatok és áramforrások számítását.

Bár nem katonai folyóiratból való a következő cikk, mégis érdemes foglalkozni Nyilasi Jánosnak a *Természettudományi Közönyben* megjelent 1959-es írásával.<sup>281</sup> A szerző Alfred Nobel munkásságát foglalja össze, azóta is ritkán látható pontossággal, részletességgel. Kiemeli, hogy a dinamit, a zselatindinamit és a gyérfüstű lőpor (ballisztit) feltalálójaként ismerik széles körben, miközben a legjelentősebb munkája a robbanóanyagok iniciálásához elengedhetetlenül szükséges (ma 8. számú vagy 8-as erősségű) robbantógyutacs kifejlesztése volt. Érdekességként idézi Nobelnek 1893-ban, a tiszteletbeli doktorrá avatása kapcsán az uppsalai egyetemhez benyújtott önéletrajzát is, amelyben ő maga sem tulajdonított említésre méltó jelentőséget ennek a valóban történelmi fontosságú robbantástechnikai találmánynak: „Alulírott, aki 1833-ban Stockholmban született, ismereteit önképzés útján szerezte, anélkül, hogy felsőbb iskolákat látogatott volna. Különösen ipari kémiával foglalkozott; robbanóanyagokat állított elő, ezek: dinamit, robbanó zselatin, füst nélküli lőpor, ballisztit és C 89 néven ismertek. 1884 óta tagja a Királyi Svéd Tudományos Akadémiának, a Londoni Királyi Társaságnak, a párizsi Société des Ingénieurs Civiles-nek, 1880 óta a Nordstjörn-rend lovagja. Megkapta a Becsületrend Lovagkeresztjét is. Nyomtatásban nem adott ki mást egy angol nyelvű, ezüstéremmel kitüntetett előadásnál.”<sup>282</sup>

Nyilas „elégtételt szolgáltat” cikkével Nobelnek annyiban, hogy bemutatja a nitroglicerintöltetek indítására szolgáló (csak feketelőport tartalmazó) Nobel-féle gyújtó- és a kezelésbiztos dinamitot iniciálni képes durranóhiganyos gyutacs fejlesztésének körülményeit. A cikk Nobel végrendeletéből vett idézettel zárul: „egyéb értékesíthető vagyonomról a következőkben rendelkezem: a tőke, amelyet rendelkezésem végrehajtója biztos értékpapírokba tartozik fektetni, alkosson alapítványt, amelynek évi kamatait, díjak-

<sup>280</sup> Gánóczi Ferenc – Kocsis András: Villamos gyújtásnál alkalmazandó mérő és ellenőrző műszerek használata. *Katonai Szemle*, (1958), 4. 12–22.

<sup>281</sup> Nyilasi János: Nobel Alfréd találmányai. *Természettudományi Közöny*, (1959), 11. 512–514.

<sup>282</sup> Nyilasi (1959): i. m. 512.



ként, azoknak adják, akik az elmúlt évben az emberiségnek a legnagyobb hasznot hajtották”. A fizikai, a kémiai, az orvostudományi és az irodalmi Nobel-díj mellett az ötödiket az kaphatja, „aki a legtöbb és legnagyobb munkát fejtette ki a népek testvéresüléséért, a hadseregek megszüntetéséért vagy csökkentéséért és békekongresszusok szervezéséért. [...] Kifejezett akaratom, hogy a díjak kiosztásánál semmi tekintettel ne legyenek a nemzeti hovatarozásra, úgyhogy a legméltóbb nyerje el a díjat [...] (1895)”<sup>283</sup>

Úgy gondolom, hogy a 2020. évi Nobel-békedíj méltó helyre került az ENSZ Világélelmezési programnál (WFP). Ahogy az indoklásban is leírták: „A bizottság az idei díjjal arra a több millió emberre szeretné ráirányítani a világ figyelmét, aki éhez, illetve fenyegeti az éhínség. A Világélelmezési Program többoldalú együttműködés keretében kulcsszerepet játszik az élelmezésbiztonság és ezáltal a béke megteremtésében. Nap mint nap tesz a népek testvériségének elősegítésért, ami része volt Alfred Nobel szándékának. A WFP tavaly 88 ország százmillió lakosát segítette élellemmel. A világhárvány okozta további nehézségek ellenére az idén képes volt fokozni erőfeszítéseit.”<sup>284</sup> A szervezet hozzájárult „a konfliktus sújtotta területeken a béke feltételeinek javításához [...] valamint vezető szerepet töltött be annak megakadályozásában, hogy az éhséget, mint fegyvert alkalmazzák”<sup>285</sup>

Az 1965-ben kiadott *Mű/2 Robbantási utasítás*ban jelenik meg először a hazai katonai gyakorlatban a *plasztikus robbanóanyag (PRA)*, flegmatizált nitropenta alapanyagú 1 kg-os „téglák” formájában. Az új robbanóanyag alkalmazásának néhány lehetőségéről ír *Gudmon Mihály*, szintén 1965-ben megjelent cikkében.<sup>286</sup> A PRA legfontosabb előnyös tulajdonságai között említi az alábbiakat: „formálhatóság, képlékenység, jobb tömítés, amely biztosítja a felszabadult energia tökéletesebb kihasználását, a formált töltetekenél a robbanás folyamatosan megy végbe, kevésbé áll fenn a veszélye annak, hogy a töltet egy része »megáll«, [...] mivel a robbanóanyag teljesen felfekszik a robbantandó felületre és az összes rések robbanóanyaggal betömhetők, nem szükséges az egyes szerkezeti elemek közti hézagokat a robbantási keresztmetszethez beszámítani és ez (pl. vasrobbantásnál) sok robbanóanyag megtakarítást eredményez”<sup>287</sup>

Az összetett lemezek esetén a légrés vastagságának is acélszerkezetként történő számítását már az 1903-ban megjelent *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve* című műben is olvashatjuk.<sup>288</sup> Ezt követően az összes katonai robbantási szabályzat, utasítás ezt a módszert követte függetlenül attól, hogy német (1945-ig) vagy orosz (1945 után) forrásmunkákra támaszkodott.<sup>289</sup>

<sup>283</sup> Nyilasi (1959): i. m. 514.

<sup>284</sup> <https://infostart.hu/kulfold/2020/10/09/megvan-az-idei-nobel-bekedijas>

<sup>285</sup> [www.szabadeuropa.hu/a/a-nobel-bekedijat-a-vilagelelmezési-program-kapta/30884391.html](http://www.szabadeuropa.hu/a/a-nobel-bekedijat-a-vilagelelmezési-program-kapta/30884391.html)

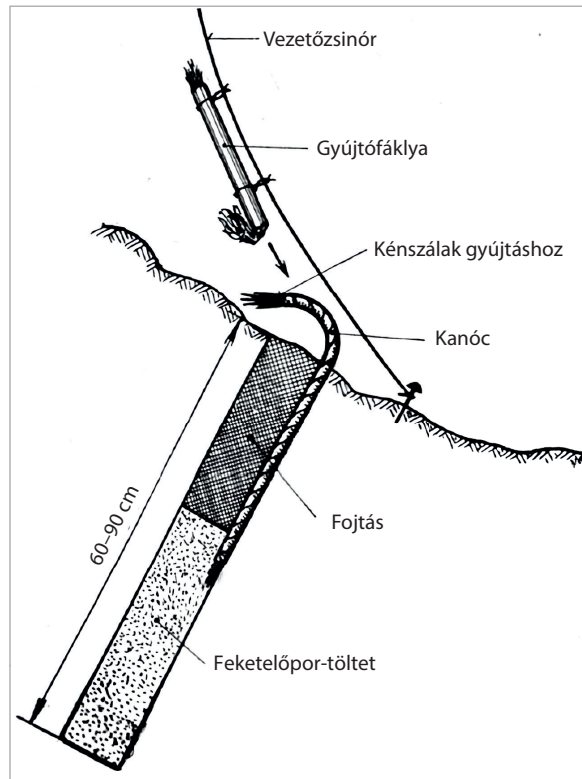
<sup>286</sup> Gudmon Mihály: Plasztikus robbanóanyagok. *Honvédségi Szemle*, (1965), 1. 93–97.

<sup>287</sup> Gudmon (1965): i. m. 94.

<sup>288</sup> Schaffer (1903): i. m. 261.

<sup>289</sup> Bővebben lásd Lukács (2017b): i. m. 90–102.





6. ábra: Feketelőpor-töltet indítása kánóccal és gyújtófáklyával

Forrás: Maróthy (1967): i. m. 794. 1. ábra.

A cikkben bemutatásra kerül a *Műanyagcsőbe préselt plasztikus robbanóanyaggal való farobbantás* című újítás is. Az így kialakított gyűrűs töltet alkalmazása a szerző szerint „jelentős mennyiségű robbanóanyag, munkaidő, munkaerő és faanyag-megtakarítást jelent”. A hagyományos (összpontosított) töltethez képest a töltetmennyiség  $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{5}$ -ére csökken, másrészt egy 50 cm átmérőjű fa robbantáshoz történő előkészítése 2-3 perc alatt végrehajtható a normatáblázatban szereplő 10 perchez képest. Amennyiben nem az akadályképzés a farobbantás célja, hanem később felhasználandó anyag kitermelése, akkor a hagyományos robbantás keresztmetszetében kb. 2 m hosszban szétrepedezett, további megmunkálásra alkalmatlan résszel szemben szinte veszteségmentesen hajtható végre a robbantás. A cikk befejező részében rövid utalás történik a PRA alkalmazási lehetőségeire acél-, beton- és vasbeton elemek robbantásánál.

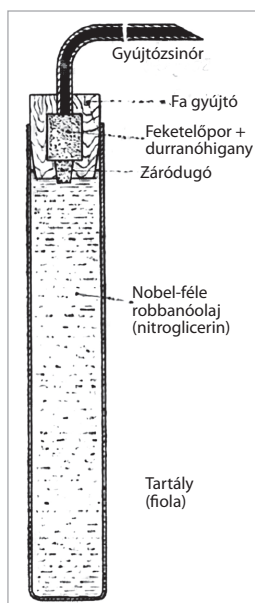
1967-ben Maróthy Géza a 100 éves bányagyutacsról emlékezett meg a cikkében.<sup>290</sup> A tanulmány absztraktja szerint: „Szerző rövid történelmi visszapillantás után ismerteti a 100 éve szabadalmaztatott Nobel-féle durranóhiganyos gyutacsokat és azok fejlődését

<sup>290</sup> Maróthy Géza: 100 éves a bányagyutacs. *Bányászati Lapok*, 100. (1967), 12. 793–802.

napjainkig. Részletesen foglalkozik a gyutacsok erősségével, illetve számozásával és iniciáló képességük meghatározásával. Ezután rövid áttekintést ad a magyar bányagyutacs-gyártás fejlődéséről, foglalkozik a gyutacsok árának kérdésével, majd vázolja a fejlődés perspektíváit. Végül néhány konkrét javaslatot tesz a fejlesztés meggyorsítása érdekében.”

Technikatörténeti érdekességből négy ábrát közlünk a cikkből. Az első (6. ábra) a feketelőpor-töltetek kőbányákban történő gyújtókanócos indítását mutatja be, ahol a szilánkok okozta sérülések elkerülése érdekében a gyújtást fedezékből végezték el egy, a robbantóhely felé lejtő vezetősínoron elengedett gyújtófáklyával.

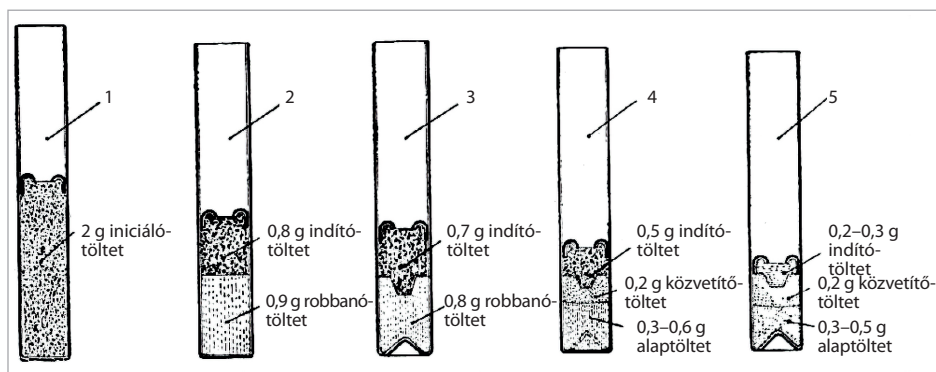
A 7. ábrán a Nobel által a kőzetek repesztésére alkalmazott folyékony nitroglicerinnel (Nobel-féle robbanóolaj) indítására 1864-ben kifejlesztett „patentgyújtó” látható. Ezt először feketelőporral, majd feketelőpor és durranóhigany keverékével töltötte.



7. ábra: Folyékony nitroglicerinnel indítása Nobel-féle patentgyújtóval

Forrás: Maróthy (1967): i. m. 794. 2. ábra.

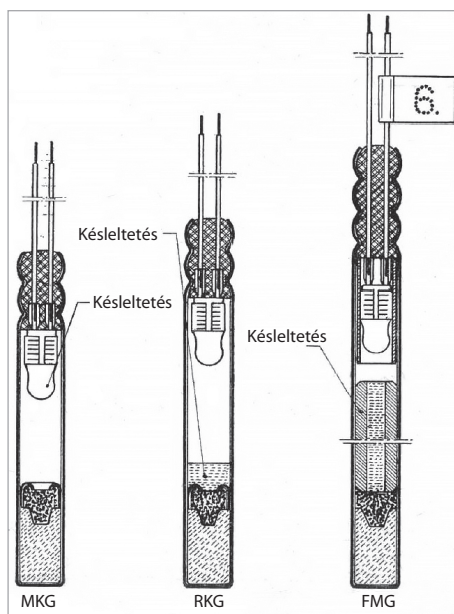
Maróthy a 8-as erősségű robbantógyutacs fejlődését is bemutatta egy ábrán.



8. ábra: A 8-as bányagyutacs fejlődése

Forrás: Maróthy (1967): i. m. 795. 3. ábra.

A 9. ábrán a késleltetett villamos gyutacsok felépítését szemléltette.

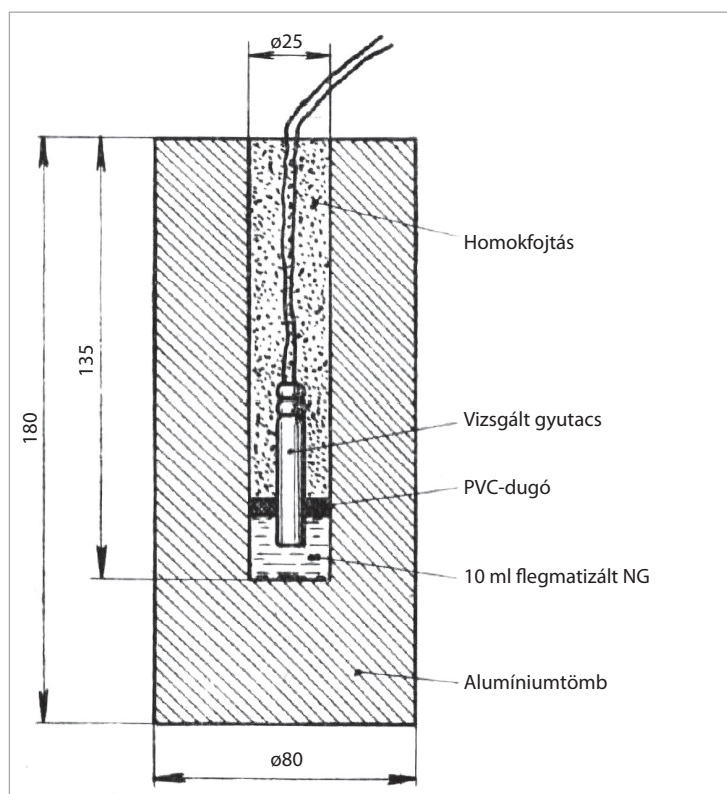


9. ábra: Késleltetett villamosgyutacs-típusok (MKG [1–4 fokozat] – ezredmásodperc késleltetésű [3–42 ms]; RKG [1–5 fokozat] – rövid késleltetésű [30–930 ms]; FMG [1–10 fokozat] – fél másodperces időzítésű [300–5300 ms])<sup>291</sup>

Forrás: Maróthy (1967): i. m. 796. 4. ábra.

<sup>291</sup> A jelölt értékek a gyutacssorozatok alsó és felső késleltetési idejét jelentik.

Végezetül a gyutacsok iniciálóképességének meghatározására a Kiss József és Németh László által Tatabányán kidolgozott, folyadékfázisú flegmatizálási próbát mutatja be a szerző (10. ábra). Egy erre a célra kialakított alumíniumtömbben 10 ml olyan nitroglicerinen robbantották a gyutacsot, amelyet előre meghatározott százalékban metilalkohollal flegmatizáltak. A robbanás következtében vizet töltve a furatba meghatározható a robbanás okozta hatás az alumíniumhengerben. Ennek minimum 100 ml-nek kell lennie a 8. erősségű gyutacs esetén.



10. ábra: Gyutacsok iniciálóképességének vizsgálata folyadékfázisú, metil-alkohollal flegmatizált nitroglicerinnel

Forrás: Maróthy (1967): i. m. 797. 5. ábra.

1970-ben jelent meg először hazai publikáció az *Astrolite kétkomponensű robbanóanyagról*<sup>292</sup> egy külföldi folyóirat cikkének fordítása alapján. A két, önmagában nem robbanó komponensből a helyszínen összekeverve robbanóképes elegyet képző találmány révén a szerző szerint lényegesen növelhető a robbanóanyagok tárolási és szállítási biztonsága.

<sup>292</sup> Bruce J.: Az Astrolite-robbanóanyagok. *Haditechnikai Szemle*, (1970), 1. 31–32. (az Ordnance 1969. május–júniusi számban megjelent cikk alapján).

Az Astrolite-ot az 1960-as években találta fel Gerald Hirst vegyész az Atlas Powder-nél (USA). Mint már ezt megelőzően számos robbanóanyag (például a szívgyógyszer nitroglicerín, a sebfertőtlenítő nitrocellulóz, a gyapjú- és selyemfesték pikrinsav), az Astrolite sem robbanóanyag célú fejlesztés eredménye. Folyékony rakéta-hajtóanyaggal történő kísérlet során született meg az ammónium-nitrát és a vízmentes hidrazin (rakétaüzemanyag) keverésével. A cikk szerzője szerint az így előállított *Astrolite-A* nevű bináris robbanóanyag katonai célra történő felhasználása a legkedvezőbb. „Hatása 3–5-szörösen múlja felül a 60 % nitroglicerint tartalmazó lőporét, és 1,8–2-szeresen a trotilét. Kezelésbiztonsága 40-szer jobb az ütéssel szemben, mint a nitroglicerín-bázisú anyagoké. Romboláskor viszont háromszor akkora átmérőjű tölcseért hoz létre, mint a hexogénalapú C–4, és másfélszer akkorát, mint a műanyagbázisú PBXN–1, vagyis a korábbi legnagyobb hatású robbanóanyagok.”<sup>293</sup> Mivel az összekeverés után a robbanóanyag „halmazállapota a folyékonytól a gumiszerű konzisztenciáig változtatható”, a szerző szerint lőszerként töltésére is alkalmas: a folyékony robbanóanyag a lőszerestbe töltést követően ott megszilárdul, ezáltal megtakarítva a hagyományos gyártás olvasztás-öntési eljárását. Ezáltal viszont „egy kisebb üzem is vállalkozhat nemcsak a robbanóanyag készítésére, hanem a fegyverrendszer előállítására is”.

Az *Astrolite-G-t* az „ez idő szerint állítólag a legnagyobb detonációs sebességű folyékony robbanóanyag”-ként mutatja be a szerző. A 8600 m/s detonációsebesség mellett kiváló a kezeléssbiztonsága is: robbanóanyaggal töltött műanyag tartályra több lövést leadva nem történt robbanás. Az Astrolite-G még egy érdekes tulajdonságáról számol be a cikk. A talajba könnyen beszívódik, és ott még esős időben is négy napig megtartja robbanóképességét. Ennek alapján javasolják „gyors lövésgödrök” elkészítésére úgy, hogy a katonákat kulacsokhoz hasonló műanyag tartályokkal szerelik fel (bennük külön-külön a két komponenssel). A bajonettel a földbe ástott lyukba kb. fél kiló bekevert robbanóanyagot töltve és azt a rendszeresített szerelt gyutaccsal iniciálva „mintegy 120 cm átmérőjű és 90 cm mély gödör keletkezik”. Az előkészítésre kb. 1 perc szükséges. Ugyancsak a talajba juttatott robbanóanyaggal „folyékony szárazföldi aknák” is telepíthetők, amelyeket a „szokott elektromos vagy mechanikus működtetésű detonátorokkal lehet indítani”. Az így létesíthető „aknamező” mérete a robbanóanyag kijuttatásának függvénye: a szétpermetezést akár az egyes harcosok a hátukon hordott készülékből, akár gépkocsiról, repülőgépről vagy helikopterről végezhetik. Ennek fordítottjaként, az aknamezők hatástalanítására is alkalmazhatónak tartja a permetezéssel robbanóanyag kijuttatását a cikk. Az akadályelhárítás másik területén is lát fantáziát az Astrolite-G alkalmazásában: az „útnyitást sűrű erdőkben, dzsungelben”. Számítása szerint 1 m széles út létesítése folyóméterenként fél kg folyékony robbanóanyag felhasználását igényli.

A cikk végén megemlíti még az *Astrolite-P* robbanóanyagot, amely tapadós, gumiszerű massa, halmazállapota miatt fémszerkezetek robbantására és kumulatív töltetek kialakítására alkalmas. Az *Astrolite-K* olcsó, gyutacsindítható ipari robbanóanyag,

<sup>293</sup> Bruce (1970): i. m. 31.

amelynek robbanásakor nem keletkeznek mérgező gázok, és mivel a hideggel szemben is érzéketlen, télen is használható.

Az *Astrolite* robbanóanyag megjelenik *Czapek Béla 1977-ben* megjelent cikkében is.<sup>294</sup> A fent leírtakhoz képest újdonság az Amerikai Egyesült Államokban *SAF-T-PAK* néven forgalmazott bináris robbanóanyag bemutatása. A két komponens külön-külön „korlátlan mennyiségben szállítható, csupán a legtöbb vegyi anyagra érvényes előírásokat kell betartani”. Ugyanakkor elgondolkodtatók a szerző következő sorai: „A szilárd halmazállapotú közeg oxidáló anyagként szerepel, ezért távol kell tartani tüztől, lángtól, szikrától. A folyékony komponens gyengén mérgező hatása, ezért a belélegzést és a bőrérítkezést el kell kerülni.”<sup>295</sup>

Az *Astrolite* típusú robbanóanyagok fontosabb jellemzőit az 1. táblázatban foglalta össze a szerző.

1. táblázat: Néhány *Astrolite* típusú robbanóanyag főbb robbantástechnikai jellemzői

| Megnevezés                 | Jellemző                | Fajsúly<br>(p/cm <sup>3</sup> ) | Detonációsebesség<br>m/s                            | Gáztérfogat<br>l/kg <sup>296</sup> | Robbanási hő kcal/<br>kg <sup>297</sup> |
|----------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|
| Astrolite-A                | szilárd v.<br>folyékony | 1,64                            | 7500                                                | 902                                | 1932                                    |
| Astrolite-G                |                         | 1,43                            | 8600                                                | 1030                               | 1140                                    |
| SAF-T-PAK                  |                         | 1,2                             | 3500                                                | 1013                               | 516                                     |
| ASTRO-PAK<br>(Astrolite-T) | képlékeny               | –                               | 6. sz. gyutaccsal<br>800–2000,<br>detonátorral 8000 | –                                  | –                                       |

Forrás: Czapek (1977): i. m. 3. táblázat, 88.

Az 1. táblázatnál említést érdemel, hogy az *Astrolite-T-t* már 6-os erősségű gyutaccsal is fel lehetett robbantani. Nyilasi János fent bemutatott cikkében részletesen ír arról, hogy Nobel milyen kísérletek által jutott el a dinamitot indítani képes, megfelelő erősségű gyutacsig. A 10 fokozatú (0,3-tól 3,0 g-ig), durranóhigany töltetű gyutacsok közül a 8-as számú felelt meg erre a célra. Azóta a világon mindenhol az ebben volt 2,0 g durranóhigany robbanási energiájával egyenértékű gyutacsokkal indíthatónak kell lenniük a gyutacsérzékeny brizáns robbanóanyagoknak (függetlenül azok jelenlegi összetételétől). Az *Astrolite-T* részbeni iniciálásához viszont már elégséges volt a sorozat 6. eleme, amely csak 1,0 g durranóhiganyt tartalmazott. A robbanóanyag ennek ellenére csak közbenső detonátor beiktatásával működött teljes hatóerővel.

<sup>294</sup> Czapek Béla: Új robbanóanyagok az építés szolgálatában. *Haditechnikai Szemle*, (1977), 3. 84–88.

<sup>295</sup> Czapek (1977): i. m. 87.

<sup>296</sup> Fajlagos gáztérfogat: 1 kg robbanóanyag gáztermékeinek a térfogata 1 bar nyomáson és 0 °C hőmérsékleten.

<sup>297</sup> Robbanáshő: 1 kg robbanóanyag tökéletes robbanási átalakulása során, állandó térfogat mellett felszabaduló, elméletileg meghatározott hőmennyiség.



A US Army 1978-ban kísérleteket folytatott többféle robbanóanyag katonai alkalmazhatóságára lövészgödrök kirobbantásánál.<sup>298</sup> Ezen belül először az *Astrolite-G2* robbanóanyagot vizsgálták, de az több alapvető katonai kritériumnak sem felelt meg, úgymint a hideg hőmérsékleten való összekeverhetőség és a lövésállóság. Ezenkívül gondként jelölték meg az alacsony detonációsebességet és az anyag mérgező tulajdonságát. Ezért a gyártó Explosives Corporation of America (EXCOA) továbbfejlesztett robbanóanyagokkal jelentkezett *LTX-G2* és *LLTX-G2* néven, amelyek közül az utóbbi vett részt a tesztben.<sup>299</sup> A végső eredmény látható az *FM 5-250* amerikai robbantási szabályzatban:<sup>300</sup> a kétkomponensű Astrolite robbanóanyag nem szerepel a katonai robbanóanyagok között. Ugyancsak nem találkozunk vele az angol haderő robbantási szabályzatában sem.<sup>301</sup> Ennek oka az egyik alapanyag, a hidrazin, amely mind az állatvilágra, mind a növényekre mérgezően hat. Az 1978-as kísérlet egyik negatív megállapítása többek között az volt, hogy „a hidrazin és azok alkotóelemei köztudottan súlyos mérgező hatással rendelkeznek akár érintés, akár belélegzés, vagy lenyelés útján a szervezetbe jutva; a Picatinny Arsenál tesztben részvevő szakértője szerint a lövészgödör LLTX-G2 robbanóanyaggal történt robbantásakor irritáló gáz, valószínűleg ammónia felszabadulását lehetett érezni.”<sup>302</sup> Egy 1965-ben megjelent *hazai katonai főiskolai jegyzetben* a következők olvashatók a hidrazinról. „Toxikus dózisban belélegezve tüdő és máj-elváltozást okoz, a központi idegrendszert izgató hatása miatt görcsöket és hányást okoz. Maró hatása miatt a bőrön égési sérülések jelentkezhetnek.”<sup>303</sup>

A *helyszíni keverésű bináris robbanóanyagok* – többek között katonai – alkalmazásának lehetőségei ennek ellenére bizonyíthatók. Egy 2005-ben, a szárazföldi aknák helyszíni semlegesítésének/megsemmisítésének eszközeit, módszereit összegző tanulmányban hatféle bináris robbanóanyagot vizsgáltak.<sup>304</sup> Az is igaz, hogy ezek közül egyiknek az alkotóelemei között sem szerepelt a hidrazin. Főleg olyan nitrometán<sup>305</sup> bázisú robbanóanyagokat teszteltek, mint például a HELIX.<sup>306</sup>

<sup>298</sup> Shepherd Levmore – Robert T. Schimmel: *Technical Report ARLCD-TR-78010 an Evalution of Liquid Explosives for Foxhole Digging*. (ARLCD-TR-78010 műszaki jelentés: Folyékony robbanóanyagok értékelése lövészgödrök készítéséhez). Dover, New Jersey. US Army Armament Research and Development Command, Large Caliber Weapon Systems Laboratory, 1978. április.

<sup>299</sup> Levmore–Schimmel (1978): i. m. 1.

<sup>300</sup> *FM 5-250 Explosives and Demolitions*. Washington, D. C., Headquarters, Department of the Army, 1992. június 15.

<sup>301</sup> *Military Engineering. II. kötet. Field Engineering, Pamphlet, 4. Demolitions*. Army Code No. 712771 (Pam 4). Ministry of Defence, UK, 1988.

<sup>302</sup> Levmore–Schimmel (1978): i. m. 6.

<sup>303</sup> Kántor Rajmund: *Robbanó és hajtóanyagok* (rakéta előkészítő és indító-berendezés üzemeltető szakos hallgatók számára). Budapest, MN Zalka Máté Katonai Műszaki Főiskola Vegyivédelmi Szaktanszék, 1965. 259.

<sup>304</sup> *Operational Evalution Test of Mine Neutralization Systems*. Alexandria, Virginia, Institute for Defense Analyses, 2005. április.

<sup>305</sup>  $\text{CH}_3\text{NO}_2$  – többek között a gyorsulások autóversenyek üzemanyaga. Míg 1 kg benzin elégetéséhez a motorban 14,7 kg levegő, addig (az oxigén tartalma miatt) a nitrometánéhoz csak 1,7 kg szükséges. Ezáltal a teljesítménye 2,3-szer nagyobb, mint a benziné.

<sup>306</sup> HELIX (High Energy Liquid Explosive).

Visszatérve az 1970-es évhez, Mueller Othmárnak jelent meg egy cikke a *Honvédségi Szemlé*ben az *ipari robbanóanyagok katonai alkalmazhatóságáról*.<sup>307</sup> A cikk elején a szerző leszögezi, hogy „a különböző hadseregekben haditechnikai célokra leginkább a brizáns, préselt (pl. TNT, nitropenta, hexogén stb.) vagy különleges plasztikus robbanóanyagokat rendszeresítették”. Ugyanakkor felveti annak lehetőségét, hogy az „éppen hiányzó katonai robbanóanyagok pótlására, helyettesítésére” ipari robbanóanyagok is felhasználhatók lennének.<sup>308</sup> A dinamitféleségek előállítására az ezt megelőző 10–15 évben visszaesett a lényegesen kezelésbiztosabb és olcsóbb ammónium-nitrát-bázisú robbanóanyagok megjelenése következtében. Ezek közül a cikkben két nagy csoportot mutat be. Az első az „ún. *ANO-keverékek* csoportja, amelyet oroszul igdanit-nak, angolul *ANFO-nak*, csehül DAP-nak, lengyelül saletrol-nak stb. is neveznek”. Az ipari robbantástechnikában azóta is legelterjedtebb, ma már *ANDO* néven ismert robbanóanyag ammónium-nitrát-granulátum és dízelolaj 94/6%-os keveréke.<sup>309</sup> A kiváló tolóhatású robbanóanyagot elsősorban földrobbantásra és kőzetjövésztésre alkalmazzák, akár a két alkotóelem helyszíni bekeverését követően is. Egyetlen negatív tulajdonsága, hogy csak száraz körülmények közötti munkavégzésre alkalmas az ammónium-nitrát vízzérkenysége miatt. Ennek kiküszöbölésére fejlesztették ki az 1950-es évek végén a „vízálló robbanóanyagok csoportját [...] ezeket angolul slurry-nak, oroszul vzrűvna emulszija-nak vagy granulit-nak, csehül TPV-nek nevezik”. Ez a robbanóanyag szivattyúzható, kezelésbiztonságára jellemző, hogy iniciálásához külön brizáns robbanóanyag-indítótöltet szükséges, amelynek tömege a szerző szerint az alaptöltet 5–10 tömegszázaléka. A cikk a továbbiakban bemutatja a robbanóanyagok helyszíni bekeverésére szolgáló, az egyes alkotóelemeket egymástól elkülönítve szállító keverő-töltő gépkocsikat. Hogy a módszer azóta is működik, azt az AUSTIN Powder Hungary Kft. 2016-os szakmai konferencia-előadása is bizonyította.<sup>310</sup>

Bár a robbanóanyagok előállítása tábori körülmények között kevésbé tűnik reálisnak, az akár a nitrogéntartalmú műtrágya és a gázolaj bekeverésével elkészíthető *ANDO* száraz időjárási körülmények esetén eredményesen használható lenne a szerző szerint a „tömeges talajrobbantásoknál (fedezéképítés, árokkiemelés, hegyoldalak leomlasztása stb.)”.<sup>311</sup>

Ugyancsak alkalmazhatónak tartja a szerző katonai felhasználásra is a cikke további részében bemutatott kábeltöltetek alkalmazását árkok kirobbantására. A módszer lényege, hogy az akár árokásó géppel kialakított 1,2–2,7 méter mély árokban gyárilag készített, 5,5–10,0 cm átmérőjű tömlőkbe préselt robbanóanyagot helyeznek el.

<sup>307</sup> Mueller Othmár: Különleges ipari robbanóanyagok és robbanószerkezetek harcászati alkalmazása. *Honvédségi Szemle*, (1970c), 12. 50–54.

<sup>308</sup> Mueller (1970c): i. m. 50.

<sup>309</sup> Az Amerikában elterjedtebb Fuel Oil (ANFO), illetve a Diesel Oil (ANDO) rövidítésből származik a betűszavak második két betűje.

<sup>310</sup> Kertész Viktória – Földesi Tamás: *Heavy-ANFO keverő-töltőgép használatának tapasztalatai a COLAS Északkeleti Bányászati Kft. üzemében*. Előadás a Magyar Robbantástechnikai Egyesület 13. Fúrás-robbantástechnika Nemzetközi Konferencián, Velence, 2016. Megjelent a konferencia kiadványában CD-n.

<sup>311</sup> Mueller (1970c): i. m. 52.

Ugyancsak ebben az évben jelent meg *Mueller Othmárnak a robbanóanyagok iniciálásával* foglalkozó cikke a *Haditechnikai Szemle* 1970. évi 2. számában.<sup>312</sup> A tanulmány a polgári életben akkor alkalmazott, hazánkban és a volt szocialista országokban (NDK, Csehszlovákia, Bulgária, Jugoszlávia) gyártott tízféle robbanószinórt, kilencféle villamosgyutacs-sorozatot (ezen belül hő-, víz- és nyomásállót, továbbá kóboráram iránt érzéketlent) és hatféle villamos robbantógépet mutat be. Az újabb, gyutaccsal nem indítható ipari robbanóanyagok (ANDO, robbanózag) robbantásához kifejlesztett hétféle indítótést és detonátor ismertetésével zárul a cikk, amely értékes szakmai információkkal egészítette ki az elsősorban katonai robbantástechnikában jártas hivatásos szakemberek ismereteit.

*Mueller Othmár* szintén 1970-ben írt másik cikke már sokkal szélesebb szakmai körnek szólt, és az *Elektrotechnika* folyóiratban jelent meg.<sup>313</sup> Ebben az ipari robbantástechnikában alkalmazott villamos gyújtás aktuális problémáival foglalkozott, ezen belül a villamos robbantógépek és a villamos gyutacsok fejlődésének irányjaival és eredményeivel. 44-féle robbantógép és 16-féle villamos gyújtóhálózat és gyutacsellenőrző műszer (hazai, szovjet, keletnémet, csehszlovák, osztrák, svéd) részletes adatait foglalta össze táblázatokban. A tanulmányt 42-féle villamos gyutacstípus ismertetése teszi teljessé.

A témakörhöz kapcsolódóan a teljesség kedvéért hívjuk fel a figyelmet egy speciális villamos gyújtási probléma elemzését tartalmazó tanulmányra, amely ugyancsak az *Elektrotechnika* folyóiratban jelent meg 1974-ben. Ebben *Mueller Othmár az erősáramú létesítmények közelében végzendő elektromos robbantások* kérdéskörét vizsgálja nagy részletességgel.<sup>314</sup> Kitér az ezzel kapcsolatos nyugatnémet, svájci és svéd szabályozásra, amelyek részletes bemutatására e sorok keretében nem tudunk kitérni. A téma iránt érdeklődő szakemberek számára ugyanakkor érdekesek lehetnek a kérdéskörben több mint 40 évvel ezelőtt megfogalmazott elvek, szabályok.

Az amerikai *tűzelőanyag-levegő keverék robbanóanyagról* egy, a *Haditechnikai Szemle*ben 1975-ben megjelent cikkben olvashatunk először.<sup>315</sup> Az aeroszol robbanóanyag első alkalmazására Vietnamban került sor, ahol az amerikai fegyveres erők helikopterleszálló helyeket robbantottak velük a dzsungelben, és területek aknamentesítésére is használták.

A CBU-55 típusú, 225 kg össztömegű légibombával három, egyenként 45,4 kg tömegű, 346 mm átmérőjű és 535 mm hosszú tartályt juttattak ki a célterületre. Mindegyik tartály 33 kg folyékony tűzelőanyagot tartalmazott. A konkrét összetétele nem derül ki a cikkből, általánosságban ír a szerző arról, hogy ez „benzin, metilacetilén (propadién) propán, bután vagy ezek keveréke”<sup>316</sup> lehetett. A bombavetést csak alacsony magasságból lehetett végrehajtani, és még így is fékező ejtőernyők mérsékeltek a becsapódás sebességét (ez 30,5 m/s lehetett). A szétrepedő túlnyomásos tartályból kiáramló tűzelőanyag-keverék szétporladt,

<sup>312</sup> Mueller Othmár: A korszerű robbantási munkák gyújtás-indítási eszközei. *Haditechnikai Szemle*, (1970a), 2. 49–53.

<sup>313</sup> Mueller Othmár: A villamos robbantás néhány problémája. *Elektrotechnika*, 63. (1970b), 1–3. 58–67.

<sup>314</sup> Mueller Othmár: Villamos gyújtású robbantások biztonságos kivitelezésének irányelvei erősáramú létesítmények közelében. *Elektrotechnika*, 67. (1974), 3. 124–129.

<sup>315</sup> Sz. Gy.: Tűzelőanyag-levegő robbanóanyagok. *Haditechnikai Szemle*, (1975), 4. 129–130.

<sup>316</sup> Sz. Gy. (1975): i. m. 129.

és a levegő oxigénjével robbanóanyag-keveréket képezett. Az így kialakuló, mintegy 15 m átmérőjű és 2,5 m vastag aeroszolfelhőt egy 0,125 s késleltetésű detonátorral robbantották fel. A cikk szerint a becsapódási pont körül 15 m sugarú körben olyan pusztítást végzett, „mint amikor egy zárt helyiségben felrobban a propán-bután gázpalack”. A bomba „állva maradása” esetére azt egy 120 s késleltetésű, önmegsemmisítő kiegészítő gyújtóval is ellátták. A harcanyag egyedüli problémája a külső felfüggesztésű konténeres szállítás volt, így csak kis sebességű repülőeszköztől lehetett alkalmazni. Ezek a külső tartályok nagy sebességű harci gépekre történő szerelés esetén ugyanis olyan aerodinamikai felmelegedésnek lettek volna kitéve, amelynek következtében az önrobbanástól is tartani kellett.

A *tüzelőanyag-levegő keverék robbanóanyagok* működésére, hatásmechanizmusára és romboló erejére vonatkozóan Ungvár Gyula írt egy kiváló tanulmányt, amely a *Haditechnikai Szemlé*ben jelent meg 1981-ben.<sup>317</sup> A cikk elején bemutatja a robbanóanyagként alkalmazott szénhidrogének és szénhidrogén-származékok jellemzőit. Az ezeket alkalmazó „aeroszol robbanóanyag” töltetek romboló hatása „több tíz-, sőt száz méteren összemérhető a harcászati atomtöltet robbanásakor keletkező lökeshullám pusztító hatásával”.<sup>318</sup>

A romboló hatás nagyságát bizonyítják az Amerikai Haditengerészet Fegyverzetfejlesztési Központjának adatai is, amelyek szerint 1 kg etilén-oxidból keletkező aeroszolfelhő robbanásakor a romboló hatás 2,7–5,0-szörösen felülmúlta a hasonló tömegű trotil robbanási hatását. A robbanás pillanatában a képződő túlnyomás elérheti a 196 MPa értéket, és bár a távolság függvényében ez az érték gyorsan csökken, „a robbanóanyag tömegétől függően 30–40 m sugarú körben sújthatja az embereket, rombolhatja és gyújthatja fel a tárgyakat és a harci technikát”. A lökeshullám frontja 2200 m/s sebességgel terjed és 5–6 MPa nyomással hat. Ehhez képest már a lökeshullám frontjának 1800 m/s sebességgel történő terjedése is azt eredményezi, hogy a levegőrészecskék torló nyomásának hatására a levegőszűrűség eléri a 0,67 kg/dm<sup>3</sup>-t, miközben normál sűrűségnek a 0,001 érték számít. Az aeroszolfelhő robbanásakor keletkező lökeshullám romboló hatásáról egy táblázatot is találunk a cikkben.

Kísérleti adatok alapján az „etilénoxid robbanása esetén a lökeshullám frontban mért csúcshatás 3,2 MPa, mely mintegy 25%-kal alacsonyabb, mint a hasonló hatóerejű TNT-tölteteknél” mérhető érték. „Ugyanakkor a lökeshullám sűrítési (pozitív) fázisának hatásideje többszöröse a trotilénak. Ez a paraméter pedig meghatározó az aeroszol lőszer hatásfoka szempontjából, mivel az előerőre, a technikára és a különböző létesítményekre gyakorolt hatása egyenes arányban van a sűrítési fázis hatásidejével. Ezen kívül az aeroszol felhő robbanásakor keletkező lökeshullám lassabban csillapodik. Ezért az etilénoxid robbanótöltetként való alkalmazása esetén a lőszer hatásterülete 40%-kal nagyobb, mint a hasonló hatóerejű TNT-töltetek esetén.”<sup>319</sup> A folytatásban még egy fontos kérdésre hívja fel a szerző a figyelmet. A közölt „kb. 3,0 MPa túlnyomás önmagában nem elegendő a különösen szilárd építmények és a harci technika rombolására, még az aeroszol felhő detonációs zónájában sem. A trotilal szembeni fokozott romboló hatást a földfelszín feletti

<sup>317</sup> Ungvár Gyula: Aeroszol robbanóanyagok – aeroszol lőszer. *Haditechnikai Szemle*, (1981), 2. 1–6.

<sup>318</sup> Ungvár (1981): i. m. 2.

<sup>319</sup> Ungvár (1981): i. m. 3.

robbantás és a létrejövő visszavert lökeshullám adja. Az aeroszol felhő robbanásakor a földről visszavert lökeshullám keresztezi a beeső lökeshullámot, és úgynevezett fej-hullámot (Mach-hullámot) hoz létre. Ebben a nyomás néha kétszer, vagy még többször is meghaladja a beeső hullámban lévő nyomást és elérheti az 5–6 MPa értéket.”<sup>320</sup>

A továbbiakban különböző, az Egyesült Államokban kifejlesztett és rendszeresített aeroszol robbanóanyagot tartalmazó robbanótöltetet mutat be a szerző. Az 1975-ös cikkben fentebb már részletezett CBU–55B típusú kazettás bomba után megemlíti, hogy az 1960-as évek végén kísérleteket folytattak 1130 kg-os hasonló légibombákkal is, de nem kellő hatássosságuk miatt befejezték az ilyen nagy méretű ejtőlőszeres fejlesztését. 1971-ben viszont megjelent a második generációs CBU–72B (könnyű csatagépekhez) és a BLU–76B (a nagy sebességű F–4 Phantom vadászgéphez) típusú kazettás bomba. Mindkét típus 33,5 kg etilén-oxidot tartalmazott, és 16 × 3,5 méteres aeroszolfelhőt hozott létre. A haditengerészeti légierő részére az SBU típusú bombákat fejlesztették ki, 60 kg-os tartályokkal. A bomba működési elve megegyezett a BLU bombáéval, csak az aktiváló detonátor késleltetésében volt eltérés. A fejlesztők dolgoztak a harmadik generációs FAE légibombákon is: egy 227 kg tömegű, GSF típusú távirányítás nélküli bombán és egy 900 kg-os HSF típusú távirányítású ún. siklóbombán.

Az 1975-ös cikkben is említették már az aeroszol robbanóanyagok alkalmazásának lehetőségét az aknamezítési feladatok során. Jelen cikkben részletesen megismerhetjük az ezzel kapcsolatos fejlesztések eredményeit. 1972-ben kezdődtek a kísérletek a Kemp Hill-i kísérleti telepen egyszerre három projekt keretében. A FAESHED programban CBU–55B kazettás bombákat dobtak harckocsi elleni aknamezőre UH–1H helikopterről, 8–10 m széles, 100 m mély átjárókat nyitva.

A LANDFAE program keretében 1975-ben harckocsi-lángszóróval juttatták ki az aknamezőre az aeroszoltöltetet mintegy 30–50 m távolságra, amelyet a harckocsiágyú speciális lövedékével iniciáltak. Az M–15 harckocsiaknákból létesített aknamezőn állítólag elég széles átjárót tudtak így létesíteni a harckocsi számára.

A legsikeresebbnek a SLUFAE (Surface Launched Unit FAE) program bizonyult, amelynek keretében 30 csöves sorozatvetővel juttatták ki a speciális reaktív gránátokat az aknamezőn nyitandó átjáró tengelyébe (a fedélzeti számítógép vezérelte az egyes rakéták pontos kilövését). A rendszer 300–1000 m közötti lőtávolsággal rendelkezett, rakétánként 33,5 kg etilén-oxid töltettel, amely 14–16 m átmérőjű, 3,6–4,0 m magas aeroszolfelhőt hozott létre. Egy sorozatvetővel így módon 3–5 perc alatt 300 m mély és 12 m széles átjárót tudtak készíteni az aknamezőn, a kialakuló „fél-henger” alakú tüzelőanyag-levegő keverék robbanóanyag egyidejű robbantásával. Mint minden eszköznek, természetesen ennek is voltak korlátai. Habár az aeroszolfelhő a levegőnél nehezebb, erős szélben ennek ellenére gondok léphettek fel, nem is beszélve arról, hogy az alkalmazás helyszíne is problémákat okozhatott. Ilyen „rapid” átjárónyitásra rendszerint az ellenséggel közvetlen harcérinkézésből indított támadás esetén van szükség, a rohamot megelőző időszakban. Az előzetes harccselekmények miatt viszont ez a terep még csak meg sem közelíti a technológia számára

<sup>320</sup> Ungvár (1981): i. m. 4.



ideális formát. Az eredetileg sík vidéket tűzérési becsapódások és légibombák krátereit tartikják. A levegőnél nehezebb aeroszolfelhő pedig ezekben „megülve” már korántsem az ideálisnak mondható „fél-henger” alakban kerül iniciálásra. Az M548 alvázra szerelt 30 csöves aknavetővel és a SLUFAE gránáttal 1970 és 1980 között még folytattak kísérleteket, de (a cikkben említett várakozással szemben) nem rendszeresítették.<sup>321</sup>

A tanulmány végén az 1972 óta az Eglin légibázison, az Egyesült Államok haditengerészete és légierije által az aeroszol lőszerterén folyó közös fejlesztési programot mutatja be a szerző. Metilből, acetilénből, propadienből és propánból álló új robbanóanyaggal próbálkoztak (MAPP), amely a korábbi etilén-oxidnál nagyobb robbanóenergiával rendelkezik. A II. és III. generációs aeroszol lőszerterének hatásadatainak változását a 2. táblázat mutatja be.

2. táblázat: Az aeroszol lőszerterének hatásadatainak változása

| Jellemzők                                                                                       | II. generációs lőszer metántöltettel |           | III. generációs lőszer metántöltettel |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------|---------------------------------------|-----------|
| A töltet tömege (kg)                                                                            | 553                                  | 1000      | 553                                   | 1000      |
| A detonációs zóna sugara (m)                                                                    | 17–18                                | 19–20     | 33–35                                 | 38–40     |
| A lökéshullám pusztítási zónájának (a frontban legalább 42 kPa nyomás) átmérője / magassága (m) | 220 / 240                            | 310 / 330 | 410 / 430                             | 490 / 510 |

Forrás: Ungvár (1981): i. m. 5. táblázat, 7.

Az aeroszol robbanóanyaggal kapcsolatos következő cikk 1981-ben jelent meg a *Honvédségi Szemlében*. A Kender Antal által írt tanulmány<sup>322</sup> az aeroszol robbanóanyagok aknamezőn történő átjárónyitásra való alkalmazásának lehetőségeit tekinti át az Ungár-féle cikkben foglalt főbb tartalommal.

Ugyancsak a *Honvédségi Szemlében* jelent meg egy orosz eredetiből fordított cikk 1986-ban.<sup>323</sup> Ebben nagy robbanóhatású lőszerként definiálja az aeroszol lőszertereket, és itt találkozhatunk talán először a mai sajtóban már széleskörűen elterjedt „vákuum bomba” megnevezéssel. Ezt azokra a kísérletekre alapozta a szerző, amelyek eredményeként a kialakuló lökéshullámoknak „meglehetősen hosszú a sűrítési fázisuk és viszonylag kis nyomást (néhány tíz kg/cm<sup>2</sup>) fejtenek ki. [...] Ezeknek a lőszertereknek a robbanásakor a felhő területén egyforma nyomás jött létre, a területén kívül pedig a nyomás hirtelen esett. Az, hogy a lőszer hatássugarán belül az élőerők pusztításának valószínűsége 100%-os, a körzet sugarát meghaladó távolságon pedig nullára csökken, lehetővé teszi a hatásos alkalmazását a rohamozó alegységek tűzzel való közvetlen kísérésére vagy az aknamezőkön átjárók nyitására.”<sup>324</sup> Ugyanakkor arról is beszámol, hogy „a nagy robbanóhatású lőszerterek realizálása során [...] a szakemberek egy sor, a felhő kialakulása

<sup>321</sup> Andrew Hill: *Cargo Carrier M548 with Surface Launched Unit Fuel Air Explosive SLUFAE*. The Online Tank Museum, 2019. január 26.

<sup>322</sup> Kender Antal: Az átjárónyitó töltetek újabb generációja. *Honvédségi Szemle*, (1981), 6. 77–78.

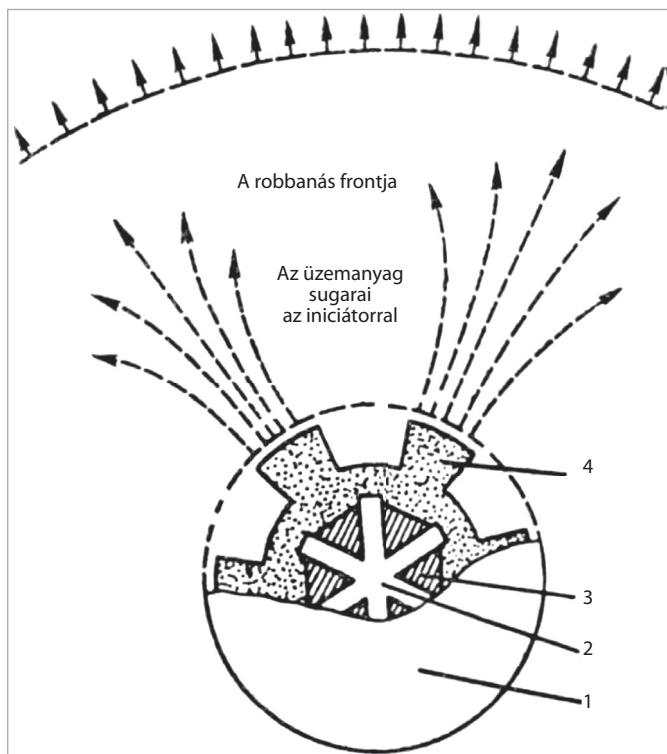
<sup>323</sup> B. Iljin: Nagy robbanóhatású lőszerterek (Technika i Vooruzsenyie, (1986), 8. 8–9. cikk alapján ford. Scharrer János). *Honvédségi Szemle*, (1986), 11. 96–98.

<sup>324</sup> Iljin (1986): i. m. 96.



folyamatában (a robbanás iniciálásában és a robbantásban meglévő destabilizációs hatás, mint a légáramlások, a környező levegő hőmérséklete és páratartalma, a domborzat és mások) jelentkező nehézséggel is találkoztak”.<sup>325</sup>

Az akkori legújabb fejlesztések során a robbanásnak a felhő területén egy időben történő iniciálását kísérletezték ki, amelynek az „egységes folyamat elmélete” nevet adták. „Ez a lőszer üzemanyagának igen gyors, finom elporlasztásával keletkezett diszperzió fellobbanását az iniciátorok öngyulladásával egyidejű egységes folyamatként feltételezi. Ennek eredményeként (a szükséges sűrűség esetén) az égés robbanásba megy át. Ilyen működés esetén biztosítva van az egynemű felhő kialakulása [...] A robbanás megközelíti az ideálist, az üzemanyag kémiai energiájának a lökőhullám fizikai energiájába történő átalakulásának hatásfoka igen magas. A kényszerfolyamatok felhasználása a destabilizáló tényezőket minimálisra csökkenti, a nagy hatóerejű robbanás rövid idejű kialakulása lehetővé teszi a hatékonyság jelentős növelését.”



11. ábra: Vegyi iniciálású FAE lőszer vázlata (1 – a lőszer acélköpenye; 2 – robbanóanyag [RDX – hexogén]; 3 – vegyi iniciátor [klór-trifluorid, bróm-fluorid]; 4 – folyékony üzemanyag [heptán])

Forrás: Iljin (1986): i. m. 97.

<sup>325</sup> Iljin (1986): i. m. 97.

Egy ilyen harmadik generációs, vegyi iniciálású FAE lőszer felépítését egy ábrán is szemlélteti a cikk (11. ábra). Vegyi iniciátorként a  $\text{ClF}_3$  (klór-trifluorid) és a  $\text{BrF}_3$  (bróm-fluorid) szabadgyökű halogénközti vegyületeket említi. A klór-fluorid mérgező, korrozív és nagyon reakcióképes gáz, amely szinte minden anyaggal képes reakcióba lépni. Robbanásszerűen reagál vízzel, lángra lobbantja a fémpor alakban lévő platinafémeket, nemfémes és szerves anyagokat. A bróm-fluorid vízzel és szerves oldószerekkel érintkezve szintén felrobban.

A tüzelőanyag-levegő keverék robbanóanyagokat tartalmazó harceszközök fejlesztése azóta sem állt le. *Oroszország 2007* szeptemberében egy Tu-160 stratégia bombázóról ledobta minden idők legnagyobb hatású hagyományos robbanószerkezetét, a „*Bombák Atyja*” – FOAB<sup>326</sup> – néven elhíresült termobárikus eszközét (eredetileg Növelt Hatóerejű Vákuum Légibomba). A 7,1 tonna etilén-oxid és nano-alumíniumpor keverék aeroszol robbanóanyag-töltet 44 tonna trotilal egyenértékű robbanást eredményezett. A fejlesztés tulajdonképpen válasz volt az amerikai GBU-43/B bomba (Massive Ordnance Air Blast – MOAB) megjelenésére, amely „*Minden Bombák Anyja*”-ként vált ismertté. Mint azt az indiai Kulshrestha ny. ellentengernagy is írta 2017-es cikkében,<sup>327</sup> ez azonban nem FAE-bomba volt. A 2003 márciusában, az Eglin légibázison tesztelt első változat tritonál robbanóanyagot tartalmazott (80% TNT és 20% alumíniumpor keveréke). A 2017. április 13-án az afganisztáni Nanganhar tartományban az Iszlám Állam föld alatti bázisára ledobott 8,4 tonnás bomba töltete már a kevésbé érzékeny H6 robbanóanyag volt (45% hexogén, 30% trotil, 20% alumíniumpor, 5% flegmatizáló viasz), amely 11 tonna trotil robbanásával egyenértékű hatást ért el. A termobárikus (aeroszol) bombákról Szilvássy László jelentetett meg egy cikket<sup>328</sup> 2018-ban a *Repüléstudományi Közlemények* folyóiratban.

A „legnagyobb hatóerejű bomba” versenyhez azóta Kína is csatlakozott. Egy 2019-es híradás szerint a Norinco hadiipari vállalat honlapján közzétettek egy videófelvételt, amely a MOAB-hoz hasonló erejű bombakísérletről számolt be (konkrét adatok nélkül).<sup>329</sup>

A *Haditechnikai Szemlében 1976-ban* jelent meg egy cikk a robbanóanyag-töltetek gyutacs nélküli iniciálásáról.<sup>330</sup> Az a felismerés, hogy ha a rendszeresített robbanózsínorból négy menetet tekerünk egy megfelelő típusú töltet köré, képes azt gyutacs nélkül is felrobbantani, nem új. Már az *1928-as robbantási szabályzat* is említi ezt a módszert.<sup>331</sup> A két korábban említett *1950-es szabályzat* viszont csak az ammonit robbanóanyag-töltetek esetén javasolja a gyutacs nélküli indítást „durranó gyújtózsínor”<sup>332</sup> alkalmazásával úgy,

<sup>326</sup> Father of All Bombs.

<sup>327</sup> S. Kulshrestha: Massive Ordnance Air Blast – MOAB – a Perspective. *CASS Journal*, 4. (2017. július–szeptember), 3.

<sup>328</sup> Szilvássy László: Légibombák – termobárikus (aeroszol) bomba. *Repüléstudományi Közlemények*, 30. (2018), 3. 7–14.

<sup>329</sup> Vaskor Máté: Ledobták minden bombák anyja kínai verzióját. *24.hu*, 2019. január 4.

<sup>330</sup> K-Sz.: Robbantás gyutacs nélkül. *Haditechnikai Szemle*, (1976), 2. 55–56.

<sup>331</sup> E.-34 (1928) i. m. 67. 14. ábra.

<sup>332</sup> A robbanózsínort nevezték így abban az időben a hazai robbantástechnikában.

hogy arra néhány csomót kötünk, majd a por alakú töltetbe helyezzük.<sup>333</sup> Az 1965-ös *Robbantási utasításban* tér vissza újból – most már trotil préstestek indításánál – a 4-5 tekercs robbanózsinnal történő robbantás mint lehetőség,<sup>334</sup> amely aztán a jelenleg is használatos Robbantási utasításban is megmaradt.<sup>335</sup> A cikkben újdonságot az jelent, hogy a szerző az akkor már széles körben elterjedt gyutacsérzéketlen ipari robbanóanyagok (ANDO, robbanózagyk) indítására kifejlesztett tízféle szabványos indítótöltet (trotil, tetritol, hexotol) alkalmazásának lehetőségeit foglalja össze egy táblázatban, azok robbanózsinnos (gyutacs nélküli) robbantási lehetőségének ismertetésével.

Az időszak robbanóanyagokkal kapcsolatos fejlesztései kapcsán az alfejezet zárásaként feltétlenül meg kell említeni *Deres János*nak és *Papp József*nek a hazai szénhidrogénbányászat szempontjából fontos munkáját. Máday Lajos 1910-ben íródott, fent bemutatott cikkében<sup>336</sup> már az izzószálas gyutacsok alkalmazásának előnyeiről írt a szikragyutacsokkal szemben. Maróthy Géza 1957-es tanulmányában<sup>337</sup> szintén erről olvashatunk. Aztán az élet „közbeszólt”, legalább egy feladat erejéig feltámasztva a *szikragyutacsokat*.

Az 1970-es évek végén, 1980-as évek elején a hazai szénhidrogénkészletek kezdtek kimerülni. Ezért előtérbe kerültek a nagyobb mélységű kutak rétegmegnyitási kérdései. A vizsgálandó mélységben uralkodó magas hőmérsékleti viszonyok között az addig alkalmazott robbanóanyagok és perforátorok már alkalmatlanok voltak. „Az igények és a lehetőségek egybevetése során nyilvánvalóvá vált, hogy a nagymélységű fúrásokban várható különleges robbantási, perforálási körülmények miatt, ún. hőálló robbanóanyagok és ezekből különböző robbantószerek kidolgozása szükséges. Ez nagyon nagy feladatokat jelentett mind a robbanóanyag-vegyészek és –fizikusok, mind a geofizikusok számára” – írta *Deres János* az *1981-es kandidátusi értekezése* bevezetésében.<sup>338</sup> További problémaként vetette fel, hogy „az 1950-es évek közepe, a jet-perforálás bevezetése óta, nem foglalkoztak a kumulatív töltetek robbanási folyamatának és a perforálást végző sugár (jet) behatolásának elméletével, vagy empirikus tanulmányozásával sem”.<sup>339</sup>

A jet kialakulása kb.  $10^{-4}$  s időtartamú „jelenségének” vizsgálatához különleges berendezésre volt szükség. A Bányászati Kutatóintézet által beszerzett SZFR típusú gyorsfilmfelvenvőhöz ezért további fejlesztéseket kellett végrehajtani. Ahogy Papp József írt erről egy 1987-es tanulmányában:<sup>340</sup> „A robbanási folyamatok során a robbanóanyagokban és közvetlen környezetükben extrém fizikai viszonyok uralkodnak (több GPa nyomás, több ezer °C hőmérséklet). Ez megnehezíti megfelelő szondák bevitelét. Emellett a szondák jelenléte meghamisítja a viszonyokat. Ezért a robbanási folyamatok vizsgálatánál

<sup>333</sup> Robbantási segédlet (1950): i. m. 36. és E–Mű.1. (1950): i. m. 48.

<sup>334</sup> Mű/2. Robbantási utasítás. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1965. 47.

<sup>335</sup> Mű/213. Robbantási utasítás. Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1971. 40.

<sup>336</sup> Máday (1910): i. m.

<sup>337</sup> Maróthy (1957a): i. m.

<sup>338</sup> Deres János: *A perforálási hatásosság kísérleti tanulmányozása és a kapott eredmények alkalmazása a nagyhőmérsékletű kutak rétegmegnyitásánál*. Kandidátusi értekezés, Budapest, 1981.

<sup>339</sup> Deres (1981): i. m. 2.

<sup>340</sup> Papp József: Robbanási folyamatok optikai vizsgálata. *Bányászati Lapok*, (1987), 3. 169–173.

kitüntetett szerepe van az optikai módszereknek. Az alkalmazott módszereket három fő csoportra lehet osztani:

- a) A robbanóanyagokból és termékeikből kilépő sugárzás vizsgálata.
- b) A robbanási folyamatok gyorsfilmezéses vizsgálata.
- c) A sugárzás robbanási folyamatokra gyakorolt hatásának vizsgálata.

Az ismertetett eljárások mindegyikét a Központi Bányászati Fejlesztési Intézetben (KBFI) dolgoztuk ki, részben mint új, részben mint irodalomból átvett módszereket.”<sup>341</sup>

A jet kialakulásának filmezéséhez kidolgozott rendszernél „kiértékelhető felvételeket csak a fényforrás felvillanásának, a felvevőgép expozíciójának és a töltet iniciálásának megfelelő időzítése esetén kapunk”, írja Deres.<sup>342</sup> Ehhez viszont a hagyományos izzógyújtós gyutacsok robbanási sebessége túl hosszú idejű. „Amennyiben a felvétel a robbanási folyamat saját fényében történik, a folyamatot szinkronizálni kell. Ehhez speciális, néhány  $\mu$ s alatt elrobbanó szikragyutacsot dolgoztunk ki (Dárdai-Meckl-Papp), melyet a berendezés által kiadott nagyfeszültségű impulzussal indítunk.”<sup>343</sup>

*Az újonnan feltalált szikragyutacsból szabadalom született Mikroszekundum késleltetésű elektromos gyutacs néven.*<sup>344</sup> A továbbiakban ebből a szabadalmi leírásból idézünk. „A találmány 3–4 mikroszekundum alatti késleltetésű elektromos gyutacs, amely tömeggyártási módszerekkel készre gyártható és a robbantás helyére kész állapotban szállítható. A robbantási műveleteknél gyakran olyan gyutacsokra van szükség, amelyekkel a robbanóanyagokat rendkívül rövid, pár mikroszekundumos késleltetéssel kell indítani annak érdekében, hogy a robbantást más folyamataikkal lehessen szinkronizálni. Egyik ilyen felhasználási terület a robbanási folyamatok vizsgálata, például képen való rögzítése. Itt a robbanási folyamathoz nagy (néhány millió kép/sec) képsebességi filmfelvevő berendezést alkalmaznak és a robbanóanyagok indítását e filmfelvevő berendezés indításával kell szinkronizálni. A kívánt szinkronizálás eléréséhez a robbanási folyamat beindítását azért kell rövid időközön belül végezni, mert ellenkező esetben a robbanási folyamatot nem lehet filmre venni. Az említett feladatok elvégzésére az ismert gyutacsszerkezetek nem alkalmasak.” Az izzószálas gyutacsok „hátrányos tulajdonsága, hogy a szál felizitálásához olyan hosszú idő szükséges, ami a szükséges mikroszekundum nagyságrendű indítási időknél lényegesen nagyobb. Az izzószálnak az energia felvételéhez legalább néhány tized ms-ra van szüksége.”

„Az ismert gyutacsszerkezetek tehát a szükséges rövid késleltetésű indítási folyamatok létrehozására nem használhatók, mert ezekkel a szükséges 3–4 mikroszekundum késleltetést elérni nem lehet. A találmány célja olyan elektromos gyutacs létesítése, amely sorozatgyártásban készre gyártható. Tulajdonságai mindig azonosak és amelyeknél a késleltetés 3–4 mikroszekundum alatt van.”

<sup>341</sup> Papp (1987): i. m. 169.

<sup>342</sup> Deres (1981): i. m. 75–81.

<sup>343</sup> Papp (1987): i. m. 171.

<sup>344</sup> 156108 számú szabadalmi leírás. 1967. október 16.

„A találmány szerinti elektromos gyutacs a következőképpen működik: A fémhüvely és a fémlektroda közé 15-100 kV feszültséget kapcsolva a fémlektrodából a szigetelőkorong furatán keresztül elektromos szikra üt át a fémhüvellyel érintkezésben levő iniciáló robbanóanyag felületéhez. A szikra hatására az iniciáló robbanóanyag felületén keletkező hőenergia elindítja az iniciáló robbanóanyag robbanását.”

A feltalálók: *Dárdai Pál* fizikus, *Meckl Ferenc* fizikus és *Papp József* fizikus.

Az új szikragyutacs segítségével elvégzett speciális kutatás eredménye a gyakorlatban is hasznosult. Ahogy Deres János írta disszertációjának befejezésében: „az üreges töltetek hatásmechanizmusának elméleti és empirikus tanulmányozása révén, nagyrészt az általunk kifejlesztett új vizsgálati eljárások eredményeire támaszkodva, hatékony perforátor tölteteket dolgoztunk ki a csökkent brizanciájú és kis munkavégző képességű, de nagy hőállóságú robbanóanyagok ipari hasznosítása céljából”.<sup>345</sup>

„Az értekezésben tárgyalt kísérleti munkák elvégzéséhez szükséges bonyolult műszerek megvalósításában és a mérések elvégzésében Papp József és Dárdai Pál fizikusok értékes segítséget nyújtottak.”<sup>346</sup>

Úgy gondolom, joggal lehetünk büszkék az akkori szakemberek ma már technikatörténeti munkásságára, akik a kor korlátozott anyagi lehetőségei mellett szaktudásukkal mégis megteremtették a feltételeket a kitűzött kutatási céljaik eléréséhez, ezáltal is szolgálva hazánk gyarapodását, fejlődését.

Az új szikragyutacs megalkotásán kívül még egy *forradalmi újítás* fűződik *Papp József* nevéhez: a *robbanóanyagok iniciálása folyadéklézerrel*. Ahogy tudományos életrajzában erről fogalmazott: „A szegedi JATE,<sup>347</sup> a debreceni KLTE<sup>348</sup> és a KFKI<sup>349</sup> segítségével 1 joules folyadéklézert építettem, mellyel először iniciáltam robbanóanyagot lézerrel. Erről 1972-ben jelent meg cikkem,<sup>350</sup> s minden hasonló munka a világon 5-10 évvel később jelent meg. Ehhez lézerrel indítható gyutacsot dolgoztam ki.” A kutatás eredményét – többek között – nagy sikerrel mutatta be egy, a Magyar Hadtudományi Társaság Műszaki Szakosztálya által szervezett szakmai napon is.<sup>351</sup>

### 2.3. Katonai szakfolyóiratok robbanóanyagokkal foglalkozó cikkei 1990-től

Az 1990-es rendszerváltozás nemcsak a politikai, hanem a gazdasági életben is hatalmas változásokat eredményezett. A korábban főleg a KGST-piacokra termelő nehézipari vállalatok egymás után lehetetlenültek el, épültek le. A piacgazdaságba való átmenet

<sup>345</sup> Deres (1981): i. m. 138.

<sup>346</sup> Deres (1981): i. m. 146.

<sup>347</sup> József Attila Tudományegyetem.

<sup>348</sup> Kossuth Lajos Tudományegyetem.

<sup>349</sup> Központi Fizikai Kutatóintézet.

<sup>350</sup> Papp József: A robbanóanyagok iniciálása folyadéklézerrel. *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat*, 107. (1974), 9. 623–629. A cikk másodközlése: *Műszaki Katonai Közlöny*, 15. (2005), 1–4. 165–186.

<sup>351</sup> Lukács László: A legszerényebb legnagyobb – Papp Józsefre emlékezve. *Műszaki Katonai Közlöny*, 15. (2005), 1–4. 161–164.

egyik nagy vesztese volt például az észak-magyarországi régió, történelmileg kialakult nehéziparával és bányászatával (Ózd, Salgótarján, Diósgyőr, Kazincbarcika, Borsodnádasd, Beremend). De ugyanígy járt Oroszlány, Tatabánya, Dorog vagy Komló is. Bányák, kohászati és gépgyártó üzemek, cement- és házgyárak szűntek meg, zártak be. A helyzetet az is nehezítette, hogy az Antall-kormány az exportból származó nagy méretű szovjet államadósságra hivatkozva kilépett erről az egyébként hatalmas felvevőpiacról. Ezeknek a vállalatoknak a bezárása viszont azt is eredményezte, hogy jelentős mértékben csökkent a robbantóanyag-gyártás iránti igény is.

*A hazai robbantóanyag-gyártás megszűnésének folyamatát az egyik legnagyobb volt robbantóanyag-gyártó komplexum, a Peremarton sorsán keresztül tekinthetjük át talán a legjobban.*

„Az I. világháborút lezáró trianoni békeszerződés következtében mindhárom magyar robbantóanyaggyár (Pozsony, Zurány, Trecsén) a határon kívülre került. Pozsonyt és Trecsént az akkori Csehszlovákiához, míg Zurányt Ausztriához csatolták. Szerencse a szerencsétlenségben, hogy a német kapituláció idején hatalmon lévő kormány valamit megérezhetett a trianoni szelekből, és határozatukra haladéktalanul megkezdtek a Zurányi Dinamitgyár berendezéseinek leszerelését, anyagkészletének elszállítását.

A kormány intézkedésének megfelelően a leszerelt gépeket és alapanyagokat Csepelre szállították, a teljes folyamat valamivel több mint egy évet vett igénybe, és 1919. december 26-án befejeződött. A leszerelt gépeket a csepeli tűzérési szerelde három épületében és egy raktárában helyezték újólag üzembe, és a termelés a következő év januárjában már megindult. A »Magyar Robbantóanyaggyár« ammon-salétromos robbantóanyagokat gyártott, többé-kevésbé manufaktúráis módszerekkel, ami az igények kielégítését annak ellenére sem biztosította, hogy később félautomata töltényező berendezéseket is üzembe állítottak.

A magyar Kereskedelemügyi Minisztérium – látva a termelés elégtelenségét – már 1920 februárjában megkezdte a tárgyalásokat egy korszerű ipari robbantóanyaggyár létrehozására. A történeti források személyesen Weiss Manfrédnak tulajdonítják a gyár helyszínének kijelölését, aki a leendő üzem helyszínére vonatkozóan a veszprémi káptalan tulajdonában lévő Berhida-Peremarton térségét nevezte meg.

Az ünnepélyes alapkőletétel után egy évvel, 1923. április 22-én kezdte meg a paxit-üzem a termelést, napi 600 kg körüli kapacitással. Néhány hónappal később, november 15-én beindult a nitroglicerín (napi 1000 kg), november 20-ától pedig a dinamitféleségek gyártása is (65, illetve 45% nitroglicerín-tartalommal, valamint nehezen fagyó dinamit 55,8% nitroglicerín- és 6,2% mononitro-toluol-tartalommal).

Egy év múlva, szeptember 10-én kezdte meg a termelést a gyújtózsínörüzem, napi 20 000 fm kapacitással. További egy év múlva, hogy a gyújtózsínörimport lőporszükségletét hazai termékkel kiváltásák, beindították a feketelőpor előállítását is (1925. március 1.). A napi termelés ebben az időben 500 kg körül volt, a termelés javát a robbantópor adta, de ezenkívül vadászlőport, pirotechnikai lisztlőport és gyutacs-lőport is gyártottak.

1930-ra a gyár termelése (ide nem értve a jelentős mennyiségben előállított kénsavat, műtrágyát stb.) mintegy 800 t ammon-salétromos robbantóanyag, közel 85 t nitroglicerines



robbanóanyag, több mint 110 tonna vegyes fajtájú lőpor és 425 ezer karika (3400 km) gyújtózsínór volt.

1939. augusztus 20-án megkezdte a termelést a durranóhigany (higany-fulminát) töltésű robbanózsínórt gyártó üzem, napi termelése 5000 m volt.

A »széncsata« sikeres megvívásában az Ipari Robbanóanyaggyár jelentős érdemeket szerzett. A termelés fokozásával az 1970-es évekre az éves paxit-előállítás már 8000 tonnára tehető, míg lőporból éves szinten 94 tonna, gyújtózsínórból 1 millió karika (8000 km) volt a termelés.

E szép adatok mellett meg kell említeni azt a tényt is, hogy a vállalat életében egyre nagyobb szerepet kapott a különböző műtrágyák (szuperfoszfát, NPK stb.) gyártása, így 1972-ben a vállalat neve »Peremartoni Vegyipari Vállalat«-ra változott.

Az 1980-as években a paxitüzemet áthelyezték és korszerűsítették. Új helyén a paxit-üzemkomplexum (hiszen több épületről van szó) változatlan formában 2005-ig üzemelt, majd az igények csökkenésével véglegesen leállításra került.<sup>352</sup>

A rendszerváltás után a fent jelzett kedvezőtlen gazdasági folyamatok a Peremartoni Vegyipari Vállalat felszámolásához vezettek. 1991-től 1993. december 1-jéig a létrehozott Ipari Robbanóanyag Gyártó Kft. tulajdonosa a Peremartoni Vegyipari Vállalat volt. 1993-tól 1997 márciusáig a SWISSBLASTING Pannónia Kft., majd a német illetőségű Westspreng GmbH. lett a társaság tulajdonosa.

A piaci igények a mélyművelésű bányák bezárásával és a környezetvédelmi szempontok előtérbe kerülésével egyidejűleg a robbanóanyagokkal szemben is jelentősen megváltoztak. Azért, hogy a vállalat által gyártott termékek ezeknek megfeleljenek, a német tulajdonos (a Westspreng GmbH.) 1999-ben egy korszerű, gázbuborék-érzékenyítésű emulziós robbanóanyag-gyártó üzem építését kezdte meg. A termelés 2001-ben indult meg, háromféle emulziós robbanóanyagot állítva elő: Emulgit LWC A1, Emex AN és Emulgit 82 GP.

Az emulziós termékek mellett az üzem a hazai és az exportpiac igényeinek megfelelően továbbra is gyártotta a közkedvelt ANDO-féleségeket, amelyeket a legkiválóbb német ammónium-nitrát prillből állítottak elő (HANAL-IU és Prillex 1).

2007-ben a spanyol MaxamCorp Holding S.L. felvásárolta a német Westspreng GmbH.-t, és ezzel együtt a korábbi Ipari Robbanó Kft. is a cég tulajdonába került, MAXAM Magyarország Kft. néven. A kezdeti időkben a spanyol anyavállalat még fenntartotta a bemutatott német EMULGIT robbanóanyagok gyártását a telephelyen, majd a gyártóüzem konzerválása után a saját robbanóanyagait kezdte forgalmazni a magyar partnervállalaton keresztül (a vállalatnál egyedül a HANAL-IU, ANDO típusú robbanóanyag gyártása maradt meg).

<sup>352</sup> Tóth József: Az iparirobbanóanyag-gyár rövid története. Előadás a Fúrás-Robbantástechnika 2008 Nemzetközi Konferencián, Vác, 2008. szeptember 16–18. Megjelent a *Robbantástechnika* periodika konferencia különszámában, 24–31.

A vég: a MAXAM 2015-ben kivonult Magyarországról, a peremartoni gyártelep bezárásának adminisztratív munkái folynak jelenleg.<sup>353</sup>

Hasonlóképpen ma már csak történelem a trotil robbanóanyagot is gyártó, sajnálatosan felrobbant sajátbányai üzem, a Nitrokémia Ipartelepek és a hadiipari termékeket is előállító Mechanikai Művek Rt. Speciális Gyáregysége (Divízió) is.<sup>354</sup>

A robbanóanyag-gyártáshoz hasonlóan a hazai gyutacsgyártást is „elérte a vég” 1990 után. A következőkben az ehhez vezető folyamatot is bemutatjuk. 1921-ben hozták létre Budapesten a Vadásztöltény-Gyutacs és Fémárugyár Rt.-t. Ezenkívül Mosonmagyaróváron (a régi hirtenbergi tölténygyár fiókja), Nagytétényben és Székesfehérváron voltak telephelyei. Az új gyutacsüzem 1923-ban kezdte meg a működését Nagytétényben. A II. világháború után a cég teljes állami tulajdonba kerülését „az 1948-as államosítási törvény biztosította volna, ám néhány tényező bonyolította a helyzetet. A fő ok a Villanyosgyújtógyár Rt. volt. A vállalatot a Vadásztölténygyár és az osztrák Schaffler & Co., Wien jegyezte. A vegyesvállalati szerződés értelmében közösen birtokolják a szabadalmakat és a gyár helyszínéül Mosonmagyaróvárt jelölték ki. A villanygyutacsok gyártását azonban nem sokkal később politikai okokból Nagytéténybe profilírozták. A kormányzat 1949 végén végül úgy döntött, hogy meghagyja a részvénytársasági keretet és létrehoz három újonnan alapított nemzeti vállalatot, amelyek aztán bérbe veszik a megmaradt keret tulajdonait. A megoldást a fent említetteken kívül a többi szabadalom, valamint a fennálló külföldi követelések és tartozások indokolhatták. Így jött létre a székesfehérvári telephelyen a Vadásztölténygyár Nemzeti Vállalat, Mosonmagyaróváron a Mosonmagyaróvári Fémfeldolgozó Nemzeti Vállalat, a nagytétényi, valamint a törökbálinti gyáregységben pedig a Bányagyutacsgyár Nemzeti Vállalat. Utóbbiból később kivált a Mechanikai Vállalat.”<sup>355</sup>

Több évtizedes sikeres működés után – az egyre csökkenő kereslet okozta veszteségek miatt – 1970-ben a Chinoin gyárhoz kapcsolták a nagytétényi gyutacsgyártást, de itt is csak 1980-ig folyt az egyre csökkenő volumenű termelés.

Végül Tatabányára, a volt (és a többi kutatóintézetrel együtt megszűnt) Központi Bányászati Kutatási Fejlesztési Intézet telephelyére költözött a gyártóberendezés az 1991-ben megalakuló Robbantástechnikai Gyártó, Szolgáltató és Kereskedelmi Kft.-hez (ismertebb nevén: Rotech Kft.). A céget aztán felvásárolta az osztrák Schaffler cég, majd amikor az anyacég is beolvadt az amerikai AUSTIN-ba, végleg bezárt az üzem.<sup>356</sup>

Az 1990 előtt Magyarországon működő ipari tudásbázisok a nagy állami vállalatokban rejtőztek, azok támogatásával működtek. Így aztán a megszűnésükkel sorban zártak be a kiváló, robbantástechnikai kutatásokkal foglalkozó kutatóintézetek is: Tatabányán

<sup>353</sup> A Magyarországon gyártott több mint 20-féle ipari robbanóanyagot és azok főbb jellemzőit lásd Lukács (2017b): i. m. 2–4. mellékletek, 304–310.

<sup>354</sup> A Magyarországon gyártott mintegy 20-féle ipari robbanóanyagról és azok főbb jellemzőiről lásd Lukács (2017b): i. m. 4. melléklet, 306–310.

<sup>355</sup> Kántor Balázs: A „látszat” a fontos. A Vadásztöltény-Gyutacs és Fémárugyár Rt. feldarabolása és elsorvasztása. *ArchívNet*, 13. (2013), 2.

<sup>356</sup> A korábban hazánkban gyártott több mint 20-féle ipari villamos gyutacsot és főbb jellemzőiket lásd Lukács (2017b): i. m. 6. melléklet, 312–315.

a Központi Bányászati Fejlesztési Intézet,<sup>357</sup> Budapesten a Villamosipari Kutató Intézet és a Gépipari Technológiai Intézet. De „nem került el a sorsát” a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem sem, ahol a Bányaműveléstani Tanszék oktatóinak és kutatóinak egy részét építették le a mai Miskolci Egyetem megalakítása során. A szakmai egyesületek is megszenvettk a nagy ipari vállalatok jelentette háttér eltűnését, az anyagi támogatások elvesztését. Ennek eredményeként a tagdíjak egy idő után rohamosan emelkedni kezdtek, miközben – az egyébként társadalmi munkában dolgozó szakosztályok – az erkölcsin kívül más támogatást nem kaptak. Ezért döntött aztán végül 2004-ben az ÉTE Robbantástechnikai Szakosztályának és az OMBKE Robbantástechnikai Szakbizottságának tagsága a nagy ernyőszervezetekből történő kilépésről és az önálló, mai napig működő Magyar Robbantástechnikai Egyesület létrehozásáról.

Ezek az események ugyanakkor hatalmas veszteséget jelentettek a hazai robbantástechnikának. Elvesztettük azokat a pótolhatatlan, speciális tudású szakembereket, akik a robbantóanyaggyárakban, a bányavállalatoknál és a tudományos kutatásban dolgoztak!

Az élet azonban nem állt meg, és ahogy az a következőkben bemutatott szakkikkekben is látható, a robbantástechnika fejlődéséért tenni akarók írásaikban megosztva gondolataikat, tapasztalataikat mégiscsak segítették a szakma iránt érdeklődők további fejlődését. Büszke vagyok arra, hogy ebben a munkában nem kis szerepet vállalt 1991-es alapításától kezdve a *Műszaki Katonai Közöny* folyóirat is, amelynek 23 éven át főszerkesztőjeként dolgozva megkerestem a katonai és az ipari robbantástechnikában dolgozó szakembereket, hogy írásaikkal is támogassák ezt a küldetést.

A lap induló, 1991/1. számában megjelent cikkében *dr. Földesi János* a PBS Európa Kft.<sup>358</sup> által Magyarországon forgalmazott amerikai tervezési, mérési és elemzési technológiákat, *számítógépes szoftvereket, valamint robbantástechnikai és mérőeszközöket mutatta be.*<sup>359</sup> A katonai robbantástechnika szempontjából is érdekes volt a REO BM175-10PT külső késleltetésű, programozható robbantógép, amellyel 10 párhuzamos áramkör alakítható ki, és ezek 175 ohm-ig terhelhetők „én” gyutacsokból. Az egyes áramköröknél a körök közötti késleltetés 1 ms-tól 999 ms-ig programozható 1 ms-os osztással. A Magyar Honvédség akkor is és döntően ma is csak pillanathatású gyutacsokkal rendelkezik. Az ezzel kapcsolatos problémákról egy későbbi tanulmányban olvashatunk. A Magyar Honvédség Műszaki Főnöksége később vásárolt egy ilyen robbantógépet a Kossuth Lajos Katonai Főiskola Műszaki Szaktanszékének az esetleges alkalmazási lehetőségeinek további tanulmányozása céljából.

*Lukács László 1995-ben a Magyar Honvédség robbantóanyagokkal való ellátottságának helyzetéről és egy új robbantóanyag hazai katonai alkalmazásának lehetőségéről ír*

<sup>357</sup> 1955-ben dr. Kóta József Kossuth-díjas bányamérnök alapította Bányabiztonsági és Robbantástechnikai Kutatóintézet néven. Ezt később beolvasztották a budapesti Bányászati Kutató Intézetbe, majd 1978-tól működött ezen a néven.

<sup>358</sup> 1990-ben, az amerikai Precision Blasting Services és a Miskolci Egyetem által alapított robbantástechnikai, bányaszellőztetési, geomechanikai kutatást és szakértői tevékenységet végző szakértői iroda.

<sup>359</sup> Földesi János: A PBS Európa Kft. robbantási tervező szoftverei és robbantógépei. *Műszaki Katonai Közöny*, 1. (1991), 1. 29–37.

ugyancsak a *Műszaki Katonai Közlöny*ben megjelent kétrészes tanulmányában. Az első részben<sup>360</sup> kiemeli, hogy az 1980-as évek végén és az 1990-es évek elején Európában bekövetkezett gyökeres politikai változások nemcsak a gazdasági életre, hanem a honvédelem területére is komoly hatással voltak, amire megoldást kell találni. Megszűntek többek között a korábbi katonai szövetségi rendszer nyújtotta harcanyag-beszerzési források. „Szinte egyik napról a másikra csak a saját (meglévő vagy éppen hiányos) erőforrásainkra támaszkodhattunk. A helyzetet hazánkban bonyolította egy kapkodva, csak a gazdaságossági mutatókat figyelembe véve megkezdett privatizációs folyamat, melynek az elsők között estek áldozatul azok az üzemek, gyárak, melyek létfontosságúak lettek volna az újonnan szerveződő Magyar Honvédség anyagi-technikai biztosítása szempontjából. Így többek között eltűnt az ipari üzemek palettájáról egy Sajóbábony, és a léteért küzd Peremarton és a Mechanikai Művek Speciális (robbanóanyag-gyártó) Gyáregysége is.”<sup>361</sup> Ezt követően utal a *Magyar Katonai Szemle* pótrobbanóanyagokkal kapcsolatban írt 1932-es cikkére, amelyben a szerzők javaslatot tettek a szabványos és a pótrobbanóanyagok katonai bevezetésére, részletesen elemezve az akkori hazai gyártású ipari robbanóanyagok katonai felhasználás szempontjából előnyös és hátrányos tulajdonságait, javaslatokat téve esetleges pótrobbanóanyagként való felhasználásuk lehetőségeire.<sup>362</sup> Analógiát vonva az I. világháború utáni és az 1990-es évek magyar katonai robbanóanyag-ellátási problémái között, a tanulmányban áttekinti a magyar fegyveres erőknél korábban volt és jelenleg rendszeresített robbanóanyagokat, majd kitér a külföldön alkalmazásban lévő katonai robbanóanyagok rövid bemutatására is. A vizsgálódás eredményeként arra a következtetésre jut, hogy a honvédség robbanóanyag-szükséglete két nagy területre bontható: a gyári szerelésű robbanótestek tölteteként felhasználandó robbanóanyagokra (tüzérségi lőszer, légibombák, kézigránátok, műszaki aknák stb.), amelyek a teljes mennyiség nagyobb részét teszik ki, valamint a harctevékenységek közvetlen előkészítése és megvívása során, elsősorban műszaki támogatási feladatok végzéséhez alkalmazandó, ún. utász robbanóanyagokra. A gyári szerelésű robbanótestek robbanóanyagául legalább közepes hatóerejű brizáns robbanóanyag szükséges, ezen belül is világszerte a legelterjedtebb a trotil (önállóan vagy más robbanóanyagokkal keverve, például hexitol, pentritol, amatol stb.). Az utász robbanóanyagok kiválasztásánál sokáig az uniformizálás volt a jellemző annak ellenére, hogy a műszaki támogatási feladatok robbantással megoldandó részei két, egymástól élesen elhatárolható területre bonthatók, amelyek jellegüket tekintve más-más robbanóanyagot igényelnek: a szerkezeti elemek robbantásához és az építményrombolások végrehajtásához ugyanolyan robbanóanyag szükséges, mint a gyári szerelésű töltetekhez; ugyanakkor a földrobbantási feladatok végzéséhez sokkal eredményesebben használhatók az alacsony hatóerejű brizáns robbanóanyagok, amelyeknek a munkavégző képessége (jelentős fajlagos gáztérfogatukból adódó toló hatásuk következtében) felülmúlja például a trotilét.

<sup>360</sup> Lukács László: A MH robbanóanyaggal való ellátottságának helyzete, és egy új robbanóanyag alkalmazásának lehetősége a MH műszaki csapatainál I. *Műszaki Katonai Közlöny*, 5. (1995b), 1–2. 73–108.

<sup>361</sup> Lukács (1995b): i. m. 73–74.

<sup>362</sup> Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok (1932): i. m.

A tanulmány második részében<sup>363</sup> az akkor Magyarországon hazai nyersanyagból gyártott ammónium-nitrát-bázisú ipari robbanóanyagok katonai földrobbantáshoz történő alkalmazásának lehetőségeit vizsgálta a szerző. Maga az elképzelés egyébként a NATO szakemberei fejében is megfordult, ahogy erről a cikk tudósít egy orosz katonai szakfolyóiratban megjelent tanulmány alapján.<sup>364</sup> Az 1970-es évek elején kísérleteket végeztek, amelyek során földrobbantási feladatoknál összevetették a trotilt, a C-4 plasztikus katonai robbanóanyagot, továbbá a hagyományos, ammónium-nitrát alapanyagú ipari robbanóanyagokat, robbanóanyagokat és emulziós robbanóanyagokat. A próbarobbantások tapasztalatai a következő eredményeket hozták:

- Az árkok és tölcsek létesítésére a legkedvezőbbek az emulziós robbanóanyagok és a robbanóanyagok voltak, egyrészt a tábori körülmények közötti egyszerűbb alkalmazásuk, másrészt a trotil és C-4 robbanóanyagokhoz képest kevesebb robbanóanyag-felhasználás(!) miatt.
- Az emulziós robbanóanyagokat és robbanóanyagokat közvetlenül a robbantás előtt, a helyszínen keverték be speciális keverő-töltő gépkocsikban, és szivattyú segítségével egyből a fűrt lyukba vagy aknakamrába töltötték, jelentősen csökkentve ezáltal az akadályok létrehozására fordítandó erő- és időszükségletet.
- Az emulziós robbanóanyagok és robbanóanyagok teljes terjedelmükben kitöltötték a fűrt lyukakat és aknakamrákat, közvetlenül azok falához simulva, ezáltal – valamint az erősebb brizáns hatású robbanóanyagokhoz képest nagyobb munkavégző képességük következtében – csökkent a robbanóanyag-felhasználás.

A paxitot, az ANDO-t és a robbanóanyagokat, habár önmagukban megfelelő hatásúak lettek volna, korlátozott alkalmazási körülményeik miatt (csak száraz időjárás, pozitív hőmérséklet-tartomány) elvetette a szerző, mint a feladatra teljeskörűen alkalmazható robbanóanyagokat. Sokkal ígéretesebbnek tűnt a nem sokkal korábban Magyarországon döntően hazai nyersanyagokból gyártásba kerülő ANDO-V emulziós robbanóanyag. Ebben az új robbanóanyagban nagyon kis átmérőjű ammónium-nitrát-oldat cseppeket ( $\varnothing 10^{-4}$  mm) vontak be vékony olajréteggel a speciális gyártási technológia során. Ennek következtében a robbanóanyag vízálló lett, ugyanakkor a speciális emulgeálószer miatt 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 (addig csak dízelolaj kategóriájú tűzveszélyes anyag!). Ez az érzékenyítő adalék üvegből vagy műanyagból készült, néhány mikron átmérőjű üres gömböcske. Az üveggyöngy szerepe az emulzióban az, hogy az indítótöltet robbanásakor képződő lökeshullám által létrehozott nagy és gyorsan terjedő nyomás hatására a bennük lévő üregekcskék energiakonzentrációt (ún. „forró pontot”) generálnak, ami elegendő a vele szomszédos robbanóanyagrész detonációjához, ilyen módon a láncreakció továbbviteléhez.

<sup>363</sup> Lukács László: A MH robbanóanyaggal való ellátottságának helyzete, és egy új robbanóanyag alkalmazásának lehetősége a MH műszaki csapatainál II. *Műszaki Katonai Közlöny*, 5. (1995c), 3. 23–46.

<sup>364</sup> I. Poljakov – V. Iljenko: Zagrazszenyija na avtomobilnüh dorogah I–II. (Obstacles in the roads.). Ford. Lukács László. *Zarubezsnoje Vojennoje Obozrenyje*, (1990), 2. 86–87.

Az emulzióba kevert üveggyöngy mennyiségével egyben szabályozható a gyártott robbanóanyag iniciálhatósága, továbbá a külső hőmérséklethez való illesztése. A cikkben bemutatott összehasonlító kísérleti robbantások (harckocsi-tüzelőállás, harckocsiárok) eredményei is azt bizonyították, hogy ez a robbanóanyag legalább azonos, esetenként pedig még jobb eredményt is hozott, mint a trotilal végrehajtott próbák. Ennek alapján születtek meg a tanulmány végkövetkeztetései, amelyekben a szerző javaslatot tett a szabványos, a pót- és a szükséges robbanóanyag bevezetésére a Magyar Honvédség műszaki csapatainál, az alábbiak szerint.

Szabványos robbanóanyagok azok a készítmények, amelyek:

- a gyakorlati felhasználás követelményeinek maximálisan megfelelnek;
- békeidőszakban (külső források felhasználásával is) beszerezhetők;
- velük a gyári szerelésű töltetek előkészíthetők, illetve az utász robbanóanyag-töltetek (préstestek, összpontosított és nyújtott töltetek) készletezhetők;
- a szabványos robbanóanyagokból központi tartalék képzendő az eddigi elvek szerint;
- a szabványos utász robbanóanyag kezelésére a Magyar Honvédség minden katonáját ki kell képezni;
- a Magyar Honvédség szabvány robbanóanyagaként továbbra is javasolható a trotil és ennek keverékei (hexotol, pentritol stb.).

Pótrobbanóanyagok azok a készítmények, amelyek:

- egy vagy néhány honvédségi robbantási feladat megoldására a külső körülményektől (hőmérséklet, csapadék stb.) függetlenül tökéletesen megfelelnek;
- hazai nyersanyagforrásuk döntő többségében biztosított;
- tömeggyártásuk hazai gyártóbázison megvalósítható;
- a pótrobbanóanyagból központi tartalék képzése nem szükséges, konfliktushelyzet esetén egy felfuttatott gyártással kell az igényeket kielégíteni;
- kezelésükre már békeidőszakban fel kell készíteni a műszaki támogatási feladatokat megoldó állományt, így ez a kiképzési tervekben rögzítendő;
- a Magyar Honvédség pótrobbanóanyagaként alkalmazható az ANDO–V üveggyöngy-érzékenyítésű emulziós robbanóanyag, amelyet földrobbantási feladatokhoz célszerű felhasználni. Megfelelő mennyiségű előállítás és a tartalékképzés céljából megfontolandó még egy gyártóberendezés beszerzése és tartalékként való tárolása.

Szükség-robbanóanyagok azok a készítmények, amelyek:

- egy vagy néhány honvédségi robbantási feladat megoldására bizonyos korlátok mellett alkalmasak (pl. száraz viszonyok között, pozitív hőmérsékleten stb.);
- lehetőség szerint hazai nyersanyagból, hazai gyártóbázison tömegesen előállíthatók;
- belőlük központi tartalék nem képzendő, konfliktushelyzet esetén az igények felfuttatott gyártással elégítendőek ki;
- szükség-robbanóanyagokként alkalmazható száraz lyukakba az ANDO (tetszőleges hőmérsékleti viszonyok esetén); nedves lyukakba, +4 °C fölött a robbanó-



zagy (amennyiben gyártják hazánkban); tetszőleges időjárási viszonyok között az ANDO–V + ANDO keverékek legalább 30% emulziótartalommal; speciális esetekben, szükség-robbanóanyagként alkalmazhatók azok a külföldi beszerzésű, hazai alkalmazású ipari robbanóanyagok is, amelyek megtalálhatók a különböző robbantószervezetek raktáraiban;

- a legfontosabbak kezelésére a műszaki-utásztiszti és -altiszti állományt fel kell készíteni.<sup>365</sup>

1995-ben Patvaros József professzor, a Miskolci Egyetem Bányászati és Geotechnikai Tanszékéről tisztelte meg a *Műszaki Katonai Közlönyt* *A robbantástechnika vázlatos története* című cikkével.<sup>366</sup> A tanulmányban a robbanás elméletének kidolgozása terén történt 19. és 20. századi lényeges előrelépésről az alábbiak olvashatók:

- Riemann bevezette és értelmezte a lökéshullám fogalmát;
- Hugoniot meghatározta a gyors reakciókra érvényes összefüggéseket a keletkező gázok nyomása és térfogata között;
- Michelson megalapozta a robbanóanyagok detonációjának elméletét;
- Landau, Zeldovics és más orosz kutatók kimutatták, hogy a lökéshullám hidrodinamikai elmélete a detonációs folyamatokra is alkalmazható, s ezzel megadták a robbanás jelenségével és folyamatával kapcsolatos számos, még tisztázatlan kérdés magyarázatát.<sup>367</sup>

A hazai robbantástechnika-kutatásról és robbanóanyag-gyártásról a következőket írta a szerző. „Hazánkban már 1949-ben önálló robbantástechnikai kutató intézet kezdte meg a munkáját Tatabányán azzal a céllal, hogy a korszerűbb termékek gyártására ösztönözzön és segítséget nyújtson azok ipari alkalmazásához. Az említett intézet, dr. Kóta József Kossuth-díjas bányamérnök irányításával a milliszekundumos robbantás fejlesztése terén nemzetközi hírnevet szerzett.

A hazai – nemzetközi mércével is figyelemre méltó – kutatási eredmények közül a robbanóanyag gyártás területén a következők említhetők meg:

- a sújtólégbiztos NP-5 és a Kalkodinamit nevű robbanóanyagok kifejlesztése;
- a kis sűrűségű, kőzetkímélési és darabos szén termelési célokra kiválóan alkalmas Poronitokat;
- a nagy hőállóságú robbanóanyagok közül a Tedylent és a Termazidot;
- az alumíniumvezetékes villamos gyutacsok.”<sup>368</sup>

<sup>365</sup> Lukács (1995c): i. m. 42–43.

<sup>366</sup> Patvaros József: A robbantástechnika fejlődésének vázlatos története. *Műszaki Katonai Közlöny*, 5. (1995), 4. 32–46.

<sup>367</sup> Patvaros (1995): i. m. 37.

<sup>368</sup> Patvaros (1995): i. m. 37–38.

A tanulmány második felében a magyar robbantóanyag-ipar rövid fejlődéstörténetét ismerhetjük meg.

1996-ban Lukács László is a robbantóanyagok történetéről írt az *Új Honvédségi Szemle* hasábjain.<sup>369</sup> Ezt 1997-ben a magyar hadseregben alkalmazott robbantóanyagokról szóló cikk követte ugyanebben a folyóiratban.<sup>370</sup>

1996–1997-ben a *Magyar Honvéd* című hetilapban jelent meg egy Lukács László által írt, robbantóanyagokkal foglalkozó cikksorozat *Robbantástechnikai kaleidoszkóp* címen. Ezekben egyebek között az alábbi témákat dolgozta fel:

- A robbanás és a robbantóanyagok.<sup>371</sup>
- A gyutacsok kialakulása.<sup>372</sup>
- A töltetek villamos gyújtása.<sup>373</sup>
- Időzített és robbanózsínók.<sup>374</sup>
- A (fel) nem robbanó robbanózsínór (NONEL gyújtási rendszer).<sup>375</sup>
- Műtrágya mint robbantóanyag?<sup>376</sup>
- Előnyök és hátrányok (Az ipari robbantóanyagok katonai alkalmazhatóságának vizsgálata).<sup>377</sup>

A *Mechanikai Művek Speciális Divíziója* 1996-ban kifejlesztett egy olyan új ipari robbantóanyagot, amelyhez a korábban a cég által gyártott, majd az Ottawai Egyezmény<sup>378</sup> kapcsán a rendszerből kivont GYATA–64 gyalogság elleni taposóaknáknak,<sup>379</sup> valamint az életidejüket túllépő, így 2000-ben a rendszerből kivont és megsemmisítésre ítélt UKA–63 univerzális kumulatív harcokcsi elleni aknáknak<sup>380</sup> visszavételét követően a bennük lévő trotil robbantóanyagot használták fel. A műszaki harcanyagokból kinyert TNT delaborálása után, azt újrahasznosítva elkerülhetővé vált a robbantóanyag környezetszennyező megsemmisítése

<sup>369</sup> Lukács László: A robbantóanyagok történetéről. *Új Honvédségi Szemle*, (1996b), 11. 139–143.

<sup>370</sup> Lukács László: A magyar hadseregben alkalmazott robbantóanyagok a századfordulótól napjainkig. *Új Honvédségi Szemle*, (1997b), 5. 113–118.

<sup>371</sup> Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 1. – A robbanás és a robbantóanyagok. *Magyar Honvéd*, (1996c), 15. 24–25.

<sup>372</sup> Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 2. – A gyutacsok kialakulása. *Magyar Honvéd*, (1996d), 28. 24–25.

<sup>373</sup> Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 3. – A töltetek villamos gyújtása. *Magyar Honvéd*, (1996e), 36. 20–21.

<sup>374</sup> Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 4. – Időzített és robbanózsínók. *Magyar Honvéd*, (1996f), 46. 21–22.

<sup>375</sup> Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 5. – A (fel) nem robbanó robbanózsínór (NONEL gyújtási rendszer). *Magyar Honvéd*, (1997d), 1–2. 42–43.

<sup>376</sup> Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 9. – Műtrágya, mint robbantóanyag? *Magyar Honvéd*, (1997h), 45. 32–33.

<sup>377</sup> Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 10. – Előnyök és hátrányok (Az ipari robbantóanyagok katonai alkalmazhatóságának vizsgálata). *Magyar Honvéd*, (1997i), 50. 42–43.

<sup>378</sup> A gyalogsági aknáknak alkalmazásának, felhalmozásának, gyártásának és átadásának betiltásáról, valamint megsemmisítésükről szóló Ottawai Egyezmény, 1997 – Magyarország az 1998. évi X. törvénnyel ratifikálta.

<sup>379</sup> 356 884 db, egyenként 300 g TNT-töltettel.

<sup>380</sup> 260 ezer db, egyenként 6 kg öntött-trotil-töltettel.

(akár robbantás, akár égetés útján). A trotil és az ipari robbanóanyag ammónium-nitrát-granulátum alapanyagaiból viszont létrehoztak egy új, kiváló tulajdonságokkal rendelkező vízálló, külszíni bányászati célú ipari robbanóanyagot, a gyutacsindítható *MM TAMMONIT robbanóanyag és robbanótöltet-családot*. Dr. Molnár László ezt a robbanóanyagot mutatta be a *Műszaki Katonai Közlönyben 1996-ban*.<sup>381</sup> A szerző összegzett következtetéseiben megállapítja, hogy „a robbanóanyag és a robbanótöltetek is

- a vízállóság;
- az iniciálhatóság;
- a mérgezőgáz-tartalom;
- a tárolhatóság vonatkozásaiban felülmúlják a jelenleg is használatos ammónium-nitrát-bázisú robbanóanyagok és robbanótöltetek mindegyikét.”<sup>382</sup>

A cikk végén a szerző az új robbanóanyag katonai alkalmazhatóságára is utalva javasolja „az MM Rt. Speciális Divízió által kifejlesztett robbanóanyag és robbanótöltetek MH részére történő hasznosíthatóságának vizsgálatát:

- műszaki célú, pót- vagy szükség-robbanóanyagként<sup>383</sup> történő figyelembevételét;
- bevizsgálását és minősítését a harcászati-műszaki követelmények szerint és
- szükség szerinti továbbfejlesztését”.<sup>384</sup>

A gyutacsérzéketlen és gyutacsérzékes *MM-TAMMONIT* robbanóanyagról Nagy Gábor, a Mechanikai Művek Speciális Rt. (az MM Speciális Divíziójából alakult meg 1998. január 1-jén) műszaki-termelési igazgatóhelyettese is írt egy cikket<sup>385</sup> a *Robbantástechnika* periodika<sup>386</sup> 1998 júniusában kiadott 19. számában. A robbanóanyag kifejlesztésének céljaként a szerző a Magyar Honvédség készletéből kivont tűzérési lőszerkekből és műszaki harcanyagokból kinyert TNT robbanóanyag újrahasonosítását és feldolgozását jelölte meg. A hazai gyártás hiánya miatt<sup>387</sup> csak importból volt fedezhető a TNT-szükséglet. A katonai robbanószerekből kinyert TNT újrahasonosításának technológiai folyamatáról ezt olvashatjuk:

- a kiszerelt robbanóanyagból a fizikai szennyeződések eltávolítása szűréssel, olvadt állapotban, fémszennyeződések eltávolítása mágnesezéssel, szilárd állapotban;
- a TNT kémiai stabilitását csökkentő bomlástermékeinek, elsősorban az olajosodási kiválásoknak az eltávolítása, illetve csökkentése oldott állapotban.

<sup>381</sup> Molnár László: Az MM TAMMONIT megnevezésű robbanóanyag és robbanótöltet család bemutatása, a Mechanikai Művek Rt. Speciális Divízió fejlesztési tevékenységének keretei között. *Műszaki Katonai Közlöny*, 6. (1996), 4. 20–33. A robbanóanyag főbb jellemzőit lásd Lukács (2017b): i. m. 3. melléklet, 305.

<sup>382</sup> Molnár (1996): i. m. 32.

<sup>383</sup> Utalva Lukács (1995c): i. m. 42–43.

<sup>384</sup> Molnár (1996): i. m. 33.

<sup>385</sup> Nagy Gábor: A gyutacsérzéketlen és gyutacsérzékes MM-TAMMONIT robbanóanyag ismertetése. *Robbantástechnika*, 19. (1998), június. 18–20.

<sup>386</sup> Robbantástechnika: az OMBKE Robbantástechnikai Szakbizottság dr. Bohus Géza által szerkesztett periodikája.

<sup>387</sup> Az Észak-magyarországi Vegyiművek 1950 óta Sajóbáonyban működő TNT-előállító üzeme 1979-ben felrobbant.

A gyutacsérzéketlen MM-TAMMONIT összetétele a következő volt: 80% amatol (80% ammónium-nitrát, 5% kalcium-karbonát, 15% TNT) + 20% TNT-granulátum. A min. 3750 m/s detonációsebességű, 1,2 g/cm<sup>3</sup> sűrűségű robbanóanyag indításához 200 g-os TNT-préstest kellett. A tárolhatósága 5 év volt. Ugyanennek a robbanóanyagnak a vízálló és gyutacsindítható változata 80% ammónium-nitrát-por, 19% TNT-por és 1% glikol felhasználásával készült (a glikol egyrészt víz- és fagyállóvá tette a robbanóanyagot, másrészt javította az oxigénegyenlegét). A min. 4000 m/s detonációsebességű robbanóanyag tárolhatóságára 3 évet jelölt meg a gyártó. A két tárolhatósági érték azért is figyelemre méltó, mert az ipari robbanóanyagoknál általában 6 hónapot, legfeljebb 1 évet jelölnek meg felhasználhatósági időként.

Aztán a Mechanikai Műveket is felszámolták, így ez a kiváló robbanóanyag is a feles és homályába veszett.

Ugyancsak a Mechanikai Művek Speciális Divíziójában gyártották az *MM Booster robbanótöltet-családot*, amelyet Molnár László 1998-ban mutatott be a *Műszaki Katonai Közlönyben*.<sup>388</sup> Az ipari robbantástechnikában alkalmazott ammónium-nitrát-bázisú robbanóanyagok többségükben nem indíthatók gyutaccsal, iniciálásukhoz egy közbeeső detonátort kell alkalmazni a gyújtási láncban. Ezek a magas hatóerejű robbanóanyagból (például nitropenta, hexogén, oktogén, tetril és ezek keverékei) készült boostererek. A Mechanikai Művek szakemberei 1985–96 között kifejlesztették a polgári célú MM-BOOSTER megnevezésű robbantótöltet-családot, és megvalósították ipari méretű gyártását. A svédországi Nitro Nobel AS. laboratóriumi és norvég külszíni bányákban végzett vizsgálatainak pozitív eredménye alapján a svéd és a norvég bányászati hivatalok engedélyezték ezek skandináviai felhasználását. Hasonló módon a Magyar Bányászati Hivatal is engedélyezte a gyártásukat, forgalomba hozatalukat és felhasználásukat a külszíni bányászatban. A cég azonban továbbfejlesztette – az egyébként jól bevált – gyártmányát, egy növelt hatású robbanótöltet-család létrehozását célozva meg. A detonációsebesség növelésére fém-oxidokat kevertek a robbanóanyagba, növelték az oxigénegyenleget (az optimális 0±3%-ra beállítva) és a sűrűséget. Ez a három tényező egyben növelte a robbanóanyag fajlagos energiatartalmát is. A kiváló eredmények aztán ugyanúgy semmissé váltak, mint az MM TAMMONIT robbanóanyag esetén.

A *Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Kara* ünnepi Millenniumi Tudományos Diákköri Konferenciát hirdetett meg 1999 őszén jeles mérnökeink, mestereink és alkotásaik bemutatására. A tudományos ülésre a kultúrmérnöki tevékenység ezeréves történetét felölelő témák kidolgozását várták a pályázóktól a szervezők. A *ZMNE Műszaki Tanácske*, amely az építőmérnök szak oktatásáért felelős, mozgósította elsősorban a végzős hallgatókat, hogy készítsenek *pályamunkákat a műszaki katonai szakterület megőrkötést érdemlő mérnöki teljesítményeiről*. A kilencfős osztályból *hatan* vállalkoztak a feladatra, és a tanszék oktatóinak, valamint jeles külső konzulenseknek a segítségével elkészült pályamunkákat benyújtották a szervezőbizottsághoz. Tekintve, hogy a konferencia

<sup>388</sup> Molnár László: Növelt hatású MM-BOOSTER megnevezésű robbantótöltet-család bemutatása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 8. (1998), 1. 28–43.

középpontjába az építést kívánták állítani, három pályamunkát előadásra, másik hármat – amelyek robbantással, valamint hadihajókkal foglalkoztak – poszterelőadásra fogadtak el. Összesen mintegy 40 előadást és nyolc poszterelőadást tartottak bemutatásra méltónak a szervezők. A konferencia előadásait a BME megjelentette CD-n. A műszaki tiszt hallgatók műveit a *Műszaki Katonai Közlöny* mutatta be 2000. évi 4. számában.

Bagi Szilárd az *Osztrák–Magyar Monarchia és a Magyar Honvédség tisztjeinek robbantástechnikai munkásságát* mutatta be.<sup>389</sup> A dolgozatban a robbantástechnika rövid történetének és a magyar honvédségnél alkalmazott robbanóanyagoknak a bemutatása után Hess Fülöp, Trauzl Izidor és Misnay József munkásságának kiemelkedő eredményeit részletezte.

Lacza János dolgozatának témája: *A katonai és az ipari robbantástechnika egymásra hatása a múltban és a jelenben*.<sup>390</sup> A tanulmányban összefoglalta a robbanóanyagok főbb tulajdonságait, osztályozásukat, majd összehasonlította a katonai és az ipari robbanóanyagokkal szemben támasztott felhasználási követelményeket. Ugyanígy bemutatta és elemezte a gyújtózsínórokat, a robbanózsínórokat, a katonai és az ipari villamos gyutacsokat. A dolgozat végén a szerkezeti elemek és a földrobbantás szabályainak, módszereinek azonosságait és eltéréseit vizsgálta az ipari és a katonai robbantástechnikában.

A 2000-es párizsi Eurosatory<sup>391</sup> kiállításon látott *robbantószerkekről* Tóth József írt cikket a *Műszaki Katonai Közlöny*be.<sup>392</sup> A közleményben amerikai robbantásos aknamezőátjáró-nyitó töltetekről, PRIMACORD robbanózsínórokról, PRIMASHEET flexibilis robbanóanyagokról, ECT flexibilis vágótöltetről, valamint NONEL gyújtási rendszerről, továbbá francia lineáris vágótöltetről, talajperforátorról és páncéltörő kumulatív töltetekről, harcjármű elleni aknákról, ólom-, alumínium-, ezüst- vagy rézburkolatú Cutting Cords vágózsínórokról, robbanózsínórokról és gyutacsokról olvashatunk technikai részleteket. A cikk összefoglalójában ezt írja a szerző. „A kiállítás jó példája volt annak, hogy a hazai hadiipar minden országban jelentős állami megrendelésekkel rendelkezik. Ennek hatásaként:

- egyrészt korszerű, könnyen kezelhető, megbízható műszaki anyagokkal és eszközökkel rendelkeznek a katonák, melyek segítségével gyorsan és pontosan képesek végrehajtani előírt feladataikat;
- másrészt – mivel az anyagi források a fentiek alapján biztosnak tekinthetők az újabb beszerzések tekintetében is – érdekeltek ezek a hadiipari cégek az újabb technikai fejlesztések, kutatások folytatásában is, melynek révén még korszerűbb eszközök kerülnek a hadsereg műszaki szakembereinek kezébe.

<sup>389</sup> Bagi Szilárd: Az Osztrák–Magyar Monarchia és a Magyar Honvédség tisztjei a robbantástechnika szolgálatában. *Műszaki Katonai Közlöny*, 10. (2000), 1–4. 88–111. (Konzulensek Lukács László és Mueller Othmár).

<sup>390</sup> Lacza János: A katonai és az ipari robbantástechnika egymásra hatása a múltban és a jelenben. *Műszaki Katonai Közlöny*, 10. (2000), 4. 112–137. (Konzulensek Lukács László és Mueller Othmár)

<sup>391</sup> Az Eurosatory egy nemzetközi fegyveripari szakkiállítás, amelyet kétfévente rendeznek meg a párizsi Párizs-Nord Villepinte Kiállítási Központban.

<sup>392</sup> Tóth József: Robbanóanyagok és felszerelések az Eurosatory-2000 kiállításon. *Műszaki Katonai Közlöny*, 11. (2001), 1–2. 52–66.

A hazai hadiiparban az elmúlt években – sajnálatos módon – éppen fordított tendenciák érvényesültek, melynek hatására több, korábban elismert vállalat szűnt meg. Ezáltal viszont, az éveken keresztül elodázott, de ma már elkerülhetetlen fejlesztésekre egy – hosszú távon – sokkal drágább lehetőség kínálkozik csak, a külföldi beszerzés.”<sup>393</sup>

A robbanóanyagok kiválasztásának és feldolgozási lehetőségeinek kérdéseit vizsgálta Tóth József 2004-ben megjelent cikkében.<sup>394</sup> A szerző a katonai felhasználásra tervezett robbanóanyagok kiválasztásának néhány szempontját ismerteti az írásműben. Megfogalmazza azokat az általánosan elfogadott és alkalmazott elveket, amelyek az egyes, főleg új fejlesztési feladatok megoldásához, az alkalmazható robbanóanyagok típusának meghatározásához segítséget jelenthetnek. Foglalkozik a robbanóanyag kiválasztásának gyártástechnológiai oldalával, és ajánlásokat tesz a hazai viszonyok között megvalósítható gyártástechnológiákra. Külön tárgyalja a robbanóanyagokkal kapcsolatos egyes egészség- és környezetvédelmi kérdéseket, mint az alapanyagok mérgező hatásai, illetve a robbanáskor keletkezett gáztermékek környezetkárosító hatásai.

A Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem ócsai gyakorlóterén *Katonai és polgári NONEL gyűjtési rendszerek címmel bemutatóval egybekötött szakmai napot* rendeztek 2006. május 16-án az érdeklődő katonai és polgári szakemberek részére (mintegy 100 fő). Az elhangzott előadások megjelentek a Robbantástechnikai Egyesület *Robbantástechnika* című periodikájának 24. számában, majd a *Műszaki Katonai Közlöny* 2006. évi 1–4. összevont számában is. A következőkben ezeket a cikkeket mutatjuk be.

Földesi János, a DETONET Kft. ügyvezetője a *Magyarországon tíz éve alkalmazott polgári felhasználású NONEL rendszerrel* szerzett tapasztalatokról számolt be.<sup>395</sup> A nem elektromos NONEL rendszer kifejlesztésének igényéről a következőket írta. „A bányászati és építőipari technológiák fejlődésével a különböző gépi berendezések alkalmazása rendkívüli mértékben megnőtt és különösen nagyszámú villamos berendezés került a munkahelyekre. A kóboráram, a villámlás és magas villamos térerő kockázatosá tette a villamos gyutacsok alkalmazását. Nagy kapacitású külfejtésekben a villamos gyutacsok alacsony fokozatszámra szabott határt a termelés növekedésének. Nagy épületek robbantásánál a robbantógépek teljesítménye nem volt megfelelő. A fejlett bányászati kultúrával rendelkező országokban meg kellett oldani a milliszekundumos gyutacsok fokozatszámának növelését és a robbantási munkák biztonságának fokozását és a robbantások nem kívánatos hatásainak (szeizmikus hatások, repeszhatások és léglökés) csökkentését.

A kutatások eredményeként 1967. július 20-án a svéd NITRO NOBEL cég kutatója, Per Anders Persson bejelenti a NONEL iniciálási rendszerre vonatkozó szabadalmát, és 1970-től gyártani kezdik a NONEL gyutacsokat. 1970-ben az amerikai HERCUDET és Du Pont cégek is megkezdik a NONEL iniciálási rendszer elemeinek tesztelését.

<sup>393</sup> Tóth (2001): i. m. 66.

<sup>394</sup> Tóth József: A robbanóanyagok kiválasztásának és feldolgozási lehetőségeinek néhány kérdése. *Műszaki Katonai Közlöny*, 14. (2004), 1–4. 113–126.

<sup>395</sup> Földesi János: Magyarországon tíz éve alkalmazott, polgári felhasználású nem elektromos (NONEL) iniciálási rendszerrel szerzett tapasztalataink. *Műszaki Katonai Közlöny*, 16. (2006), 1–4. 87–104.



A szabadalmi vizsgálatok és kísérleti robbantások után 1971. július 06-án az Egyesült Államokban is bejegyzik a NONEL iniciálási rendszerre vonatkozó első szabadalmat. Az elmúlt 40 év során több amerikai és európai cég is elkezdte a nem elektromos (NONEL) iniciálási rendszer elemeinek gyártását.

Magyarországon nagyon hosszú ideig a vállalatok részéről rosszul értelmezett gazdaságosság miatt, a polgári gyakorlatban addig nem alkalmazták a NONEL iniciálási rendszert, amíg az emberek nem váltak nagyon érzékennyé a robbantásokat kísérő rezgésekre, zajokra és nem lett minden ember robbantástechnikai szakértő. A különböző robbantás-technikai feladatok megoldása során, sok helyen tapasztalhattuk a rendelkezésre álló villamos gyutacsok korlátait, mely korlátok alapvetően a gyutacsok pontosságára és az alacsony fokozatszámra vonatkoztak. A technikai korlátok feloldása céljából 1995-ben kapcsolatot létesítettünk a svéd NITRO NOBEL céggel, ahol a Magyar Bányászati Hivatal (MBH) két mérnökével és a Mikerob Kft. vezetőjével tanulmányozhattuk a NONEL rendszert [...] a Földesi Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. 652/1996/1 szám alatt robbanóanyag forgalmazási engedélyt kap a NONEL iniciálási rendszer elemeire, mely engedély 2001. február 02-től a DETONET kft-t illeti.”<sup>396</sup>

Ezt követően a közleményben a szerző beszámol a NONEL rendszer hazai kőbányákban és ipari robbantásoknál történő alkalmazásának tapasztalatairól. Bemutatja az akkor Magyarországon használatos svéd, cseh és lengyel NONEL rendszerek eltéréseit és sajátosságait. A gyújtási rendszer használatának pozitívumai mellett egyetlen hátrányát említi a villamos iniciálási rendszerrel kapcsolatban: a robbantóhálózat folytonossága nem ellenőrizhető műszerrel, csak vizuálisan. Összefoglaló gondolatként a következőket fogalmazta meg. „A NONEL iniciálási rendszerek magyarországi alkalmazása egyértelműen bebizonyította, hogy mindazok a töltet indítási és időzítési problémák, amelyek az ipari és bányászati robbantás-technikában hosszú évtizedekig tapasztalhatók voltak megszűntek. Azoknak, akik még nem dolgoztak ezekkel a korszerű és igen könnyen elsajátítható iniciálási rendszerrel, próbálják ki. Biztos vagyok benne, ha egyszer kipróbálták nem fognak csalódni.”<sup>397</sup>

*Nemes József a NONEL rendszer katonai gyakorlatban történő bevezetésének előzményeiről írt.*<sup>398</sup> Bevezető gondolataiban a katonai és a polgári robbantástechnika eltérő filozófiájáról értekezik. „Eltekintve e téma további részletezésétől, megállapítható, hogy a háborút követő időszak, a népgazdaság helyreállítása, az újjáépítések időszakában, a gépesítés alacsony foka mellett, más társadalmi környezetben nem jelentett gondot a katonai robbantóeszközök és anyagok civil környezetben történő alkalmazása. Az 1980-90-es évek időszakában a honvédség erőteljesen nyitott a civil társadalom felé. Egyre nagyobb betekintést engedett a belső életébe, és mind szélesebb szakmai kapcsolatokat épített ki a polgári szférában. [...] A személyes kontaktusok kiépülése, az egyre több és mélyebb információ, a kapcsolatrendszer bővülése egy szemléletváltást

<sup>396</sup> Földesi (2006): i. m. 87–88.

<sup>397</sup> Földesi (2006): i. m. 98.

<sup>398</sup> Nemes József: NONEL iniciálási rendszer katonai gyakorlatban történő bevezetésének és alkalmazásának előzményei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 16. (2006), 1–4. 105–108.

eredményezett, amely részben megváltoztatta a gondolkodásmódot is. Beláttuk, hogy a gyakorlóterek ugyan honvédségi fennhatóság alatt állnak, de mégis csak a polgári környezet részei. A kiképzési idő egyre rövidült, számos esetben kellett faragni a szak-kiképzési óraszámokból. Sok, más helyütt elemzett összetevő együttthatása eredményeképpen sajnálatos robbanásos balesetek fordultak elő. Emellett még számos ok abba az irányba mutatott, hogy a szakma ezen a téren is megújításra szorul.”<sup>399</sup> Ezt követően a hazai katonai NONEL rendszerek beszerzéséről ezt olvashatjuk. „Együttműködve az akkori Haditechnikai Intézet munkatársaival, az egykori Műszaki Technikai Szolgálat Főnökség szakembereivel felkutattuk a lehetőségét a megfogalmazódott igények először mintapéldányokkal, kísérleti darabokkal történő kielégítésére. Az elvégzett kísérletek, a próbák bebizonyították, hogy célszerű a kimerülő félben lévő, szavatossággal egyre kevésbé rendelkező, meglévő iniciáló anyagok leváltásánál számításba venni a nem elektromos (NONEL) megoldást is.

A rendszer mellett szólt:

- Magas fokú kezelésbiztonság;
- Egyszerű kiképezhetőség;
- Praktikus kiszerelés;
- Környezetvédelem.

Amíg e sorok írójának rátekintése volt, első lépésben, a szűkülő anyagi források közepette sikerült kijárni egy kisebb 1-1,5 millió Ft értékű mintasorozat behozatalát kísérleti jelleggel. E minták nem ölelték fel a teljes gyutacs, illetve időzítő elem választékot – erre nem is volt és megítélésem szerint nincs is szükség – de tartalmaztak minden olyan lényeges elemet, amely alapján dönteni lehetett a későbbi beszerzésekről. A további lépésekre és logisztikai folyamatokra már a szakértő utódok közreműködésével került sor.

Összességében megállapítható, hogy egy előremutató műszaki gondolkodásmódot követő szakmai elhatározás több éves kitartó munka eredményeképp korszerű megoldást eredményezett.”<sup>400</sup>

Kovács Zoltán – többek között – a hazai katonai NONEL rendszerek kezelési utasítását tartalmazó kiadvány<sup>401</sup> szerzője, *NONEL nem elektromos iniciálású katonai gyújtórendszerek* című közleményében<sup>402</sup> mutatta be a rendszeresített új anyagokat. „A Magyar Honvédség a NONEL katonai gyújtórendszerek két típusát alkalmazza: a svéd gyártmányú NORABEL-t és a cseh gyártmányú AUSTIN-t. Mindkét gyújtórendszer alapvető felépítése, főbb jellemzői és alkalmazásának, kezelésének elvei megegyeznek egymással, a szerkezeti kialakításukban viszont található néhány eltérés.”<sup>403</sup> A két rendszer egyes

<sup>399</sup> Nemes (2006): i. m. 106–107.

<sup>400</sup> Nemes (2006): i. m. 107–108.

<sup>401</sup> 361/119. Harckocsi és gyalogság elleni akadályrendszerek anyagainak és eszközeinek, valamint az új típusú műszaki harcanyagok kezelése és karbantartása. Budapest, Magyar Honvédség Műszaki Technikai Szolgálatfőnökség, 2006.

<sup>402</sup> Kovács Zoltán: NONEL nem elektromos iniciálású katonai gyújtórendszerek. *Műszaki Katonai Közlöny*, 16. (2006), 1–4. 109–117.

<sup>403</sup> Kovács (2006): i. m. 109.

elemeinek bemutatását követően gondolatait ezekkel a sorokkal zárta. „Összességében megállapíthatjuk, hogy a NONEL gyújtórendszerek elemei rendkívül könnyen kezelhetők, a robbantási feladat előkészítése során a gyújtóhálózat kiépítése nem igényel olyan kiegészítő eszközöket (szigetelőszalag, gyutacszorító fogó, kábelvágó kés stb.), melyek használata a tűzzel való, illetve a villamos gyújtási mód során szükségesek. A jelvezeték kifestetése is gyorsan és biztonságosan végrehajtható. A már előkészített elemek bármikor visszatelepíthetők és később újra felhasználhatóak. A gyújtórendszer további előnye lehet, hogy a katonai feladatok végrehajtása során olyan sajátos körülmények között is – viharveszélyes időjárási viszonyok és nagyfeszültségű távvezetékek közelében – alkalmazhatóak, ahol a többi gyújtási mód alkalmazása nem minden esetben lehetséges és megengedett.”<sup>404</sup>

A Magyar Honvédségben rendszeresített *NONEL* gyújtási rendszer *környezetkímélő katonai robbantásokra történő alkalmazási lehetőségeiről* írt cikket Lukács László.<sup>405</sup> Bevezetőjében felhívja a figyelmet arra, hogy „a Magyar Köztársaság biztonság- és védelempolitikájának alapelvei”<sup>406</sup> és az ezen alapuló nemzeti biztonsági stratégia<sup>407</sup> gyökeres változásokat eredményeztek többek között a katonai-műszaki szakma, ezen belül a harctevékenységek műszaki támogatási feladatainak belső tartalmát, továbbá az e feladatok végrehajtásának mikéntjét illetően. A korábbi Varsói Szerződésen belüli támadó doktrínát, a haza szuverenitásának és területi integritásának kizárólagos megvédésére irányuló követelmények váltották fel. A Varsói Szerződés támadó doktrínájából adódóan a műszaki biztosítási (támogatási) feladatok robbantással megoldandó területeinél az elsődleges követelmény, a minél gyorsabb és feltétlenül eredményes feladat végrehajtás volt. Ebből adódóan a robbantás környezeti hatásait a robbantási technológiák nem vették figyelembe: elsősorban a külső, szabadon felfektetett töltetek alkalmazására került sor, hiszen az időrabló fúrási munkák például szóba sem jöhettek egy dinamikus támadó tevékenység során.

Ugyancsak a támadó doktrínából fakadóan olyan katonai robbanóanyag rendszeresítésére volt szükség, mellyel minden feladat végrehajtható a szerkezeti elemek robbantásától kezdve a földrobbantásig, a várható összes környezeti és időjárási viszonyok között: ez volt a trotil (TNT). Másként ugyanis nem lehetett volna biztosítani a támadó csapatok robbanóanyag utánpótlását: a különböző feladathoz különböző (az éppen megfelelő) robbanóanyag felhasználási helyre juttatása megoldhatatlan feladat lett volna. Szintén emiatt volt csak pillanathatású villamos gyutacs rendszeresítve, és a kiképzés is csak az ezzel végrehajtható robbantásokra irányult.

A biztonság- és védelempolitikai alapelvek tükrében gyökeres változás következett be a várható feladatok tekintetében: megszűnt az »ellenségkép«, a fegyveres erők felkészítésének középpontjába a védelmi, ezen belül is főleg a válságkezeléssel és a béketeremtéssel

<sup>404</sup> Kovács (2006): i. m. 117.

<sup>405</sup> Lukács László: A Magyar Honvédségnél rendszeresített NONEL gyújtási rendszer alkalmazása, különös tekintettel a környezetkímélő robbantásokra. *Műszaki Katonai Közlöny*, (2006a), 1–4. 119–133.

<sup>406</sup> Az Országgyűlés 94/1998. (XII. 29.) számú határozata.

<sup>407</sup> 2144/2002 (V. 6.) kormányhatározat.

kapcsolatos feladatok kerültek. A katonai robbantási feladatok terén ez a változás többek között a környezetvédelem előtérbe kerülésében is megnyilvánult: akár a válságkezelés keretén belül kell nem robbanó műszaki zárat (árkok, torlaszok stb.) létrehozni robbantással, akár egy béketeremtő misszióban válik szükségessé robbantás végrehajtása, ma már nem hagyható figyelmen kívül a robbanás környezeti hatása sem. Különösen igaz ez a békekiképzés során végzendő robbantási feladatokra.<sup>408</sup>

Ezt követően bemutatja a svéd–amerikai együttműködéssel a NATO CCMS (Modern Társadalom Kihívásai Bizottság) támogatásával készült, Magyarországon 1996-ban megjelentetett *Irányelvek a katonai szektor számára* kiadványt, amely módszertani útmutatást nyújt bármely ország katonai szektora számára az emberi egészséget és a környezetet védő hatékony program kidolgozásához. Az Irányelvek nemzetközi egyezményekre, szerződésekre és konvenciókra támaszkodnak, továbbá feldolgozzák számos ország e téren szerzett tapasztalatait. Az ebben foglalt talán legfontosabb alapelv, hogy amíg az országvédelmi képesség fenntartása megengedi, a katonai szektornak a lehetőségek határáig be kell tartania a társadalom egésze által megszabott környezetvédelmi politikát és az ezzel kapcsolatos törvényeket. A szerző ezzel kapcsolatban bemutatja, hogy a Nemzetvédelmi Egyetemen az 1990-es évek közepe óta napirenden van a katonai robbantástechnikai feladatok környezetvédelmi szempontokat is figyelembe vevő technikáinak és technológiáinak kutatása. A műszaki tisztek képzésében egy harmincórás Környezetvédelem tantárgy keretében ismerik meg hallgatóink a környezetvédelem általános és katonai vonatkozásait, kiemelt figyelmet fordítva a jellemző műszaki támogatási feladatok (út- és hídépítés, erődítés-álcázás, robbantás és műszaki zárás, gépalkalmazás stb.) környezetvédelmi kérdéseire. 1997-ben egy jegyzet is készült ebben a témában a Környezetvédelmi Oktatás Fejlesztéséért Alapítvány támogatásával.<sup>409</sup>

Ebben a munkában fontos szerepet tulajdonít az újonnan rendszeresített NONEL gyújtási rendszerben rejlő lehetőségek kiaknázásának. A robbanás szeizmikus hatásának csökkentésére alkalmazható NORABEL ST MSD 25 ms késleltetésű csatlakozóval és az 500 ms késleltetésű ST gyutaccsal például egy 1 kilométeres harcokosiárok robbantásánál nem az 1,25 tonna összes robbanóanyag-mennyiség, csak az egy töltet 25 kilogrammjának megfelelő szeizmikus rezgés hatásával kell számolni.

A másik példa szerint a nagy szélességű árkok robbantásánál a kettőnél több sorban elhelyezett töltetek esetén pillanathatású gyutacsok alkalmazásával meg kell növelni a középső sor töltetét. Egy 1,75 m mély árok robbantási példájával szemléltetve, a két szélső sor 28 kg-os tölteteivel szemben a középső soron 56 kg-os töltetet igényel. Ha viszont a középső sor tölteteit szintén késleltetve tudjuk felrobbantani, akkor erre a töltetnövelésre nincs szükség. Ha ráadásul a három sor robbantásánál az is feladat, hogy a kirobbantott föld egy meghatározott irányba vetődjön ki, akkor a késleltetett iniciálás lehetőségének hiányában az első sor egyenkénti 28 kg-os töltetösszegéhez képest a 2. soron 56, a 3.-on pedig 103 kg robbantására lesz szükség.

<sup>408</sup> Lukács (2006a): i. m. 119–120.

<sup>409</sup> Lukács (1997a): i. m.

Az utolsó példa kőbányászati robbantásról szól. Ha az útépitéshez lefejtendő kőzet mennyisége miatt két vagy több sorban elhelyezkedő töltetek szükségesek, akkor a pillanathatású gyutacsoknál a második és további lyuksorok távolsága az előtét távolságának már csak a  $\frac{2}{3}$ -a lehet. Egy 5 m lépcsőmagasságú, 100 m kezdővágat-szélességű robbantásnál ez azt jelenti, hogy az első sor robbantásával nyerhető 1125 m<sup>3</sup> kőzetet képest a 2. sornál már csak 750 m<sup>3</sup> kő jövesztése biztosítható.

A közleményt az alábbi sorokkal zárja a szerző: „A fenti példák úgy gondolom, kellőképpen bizonyítják, hogy a NONEL gyújtási rendszer bevezetése a Magyar Honvédségnél jelentős előrelépés a környezetkímélő robbantási tevékenység végzésének biztosításában. Robbantással foglalkozó műszaki szakemberként, jelen tanulmányomban nem foglalkoztam a rendszer egyszerű kezelhetőségéből fakadó azon előnyökkel, melyek a fegyvernemi csapatok katonáinak tevékenységét könnyíthetik meg egy egyszerű robbantási feladat végzése során.”<sup>410</sup>

Tóth József cikke az *emulziós robbanóanyagok történetével és katonai alkalmazásuk lehetőségeivel* foglalkozott a *Műszaki Katonai Közlöny 2007-es* számában.<sup>411</sup> A polgári és a katonai robbanóanyagokkal szemben támasztott eltérő követelmények bemutatása után az ipari robbantástechnikában kőzetjövesztésre használt robbanóanyagokat tekintette át. Külön ismertette az emulziós robbanóanyagok kialakulását, jellemzőit és fejlődését. Bemutatta a Magyarországon gyártott és forgalmazott emulziós robbanóanyagok fontosabb paramétereit. Ezt követően a Lukács László által korábban javasolt szabványos, pót- és szükség-robbanóanyagok alkalmazási lehetőségeinek elméletéhez<sup>412</sup> kapcsolódóan elvégzett kísérleti földrobbantás tapasztalatait osztotta meg az olvasókkal. A 2001-ben Táborfalván, az MH Technológiai Hivatal Lőkísérleti és Vizsgáló Állomásának területén, az úgynevezett 13 000-es célterületen a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Műszaki Tanszék, valamint a HM Haditechnikai Intézet közös szervezésében végrehajtott robbantás során harckocsiárok összehasonlító robbantását végezték el trotil, a magyar gyártású üvegyöngy-érzékenyítésű ANDO–V 100, a gázbuborék-érzékenyítésű EMULGIT 42 GP, továbbá a cseh gyártmányú Emsitl robbanóanyagokkal. Az egyenként 3 × 25 kg-os töltetek robbantását követően a kialakult árok méreteinek összevetésekor azt tapasztalták, hogy az árok mélységének, felső szélességének és felső hosszúságának méretei megközelítőleg azonosak voltak. A cikk befejezésében az alábbi következtetéseket írta le a szerző. „Az eredményeket értékelve megállapítható volt, hogy összességében csekély eltérés mutatkozik a katonai gyakorlatban eddig kizárólagosan alkalmazott trotil, valamint az emulziós robbanóanyagok hatása között. Ennek alapján javaslatot tettünk a Magyar Honvédség műszaki-technikai szolgálatfőnökének, az emulziós robbanóanyagok földrobbantási feladatokra történő rendszeresítésére, a honvédségen belül. Sajnálatosan, a mai napig nem történt előrelépés e területen. Az ipari robbantástechnikában alkalmazott emulziós robbanóanyagok, a polgári robbantástechnikai életben alkalmazott

<sup>410</sup> Lukács (2006a): i. m. 132.

<sup>411</sup> Tóth József: Az emulziós robbanóanyagok története és katonai alkalmazásának lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 17. (2007), 1–4. 157–170.

<sup>412</sup> Lukács (1995c): i. m.

robbanóanyagokkal kapcsolatos tapasztalatok, és az eddig végrehatott kísérlet eredményei alapján a Magyar Honvédségben földrobbantási feladatok végrehajtására eddig alkalmazott trotil kiváltására alkalmasak lehetnek. A külső körülményektől (hőmérséklet, csapadék stb.) független felhasználás mellett további előnyük lehet, hogy külön készletek tárolására nincs szükség, az igényeket a gyártók-forgalmazók rövid határidővel, szinte korlátlanul képesek kielégíteni. Az emulziós robbanóanyagok rendszerbeállításához természetesen további kísérletekre, vizsgálatokra van szükség, amelyek végrehajtásával a módosított technológiák is kidolgozhatók. Ezek sikeres befejezése után remény van arra, hogy a honvédségi robbantási gyakorlatban is megjelenjenek a hazai alapanyagból, hazai gyártóbázison előállított korszerű emulziós robbanóanyagok, melyek beszerzési ára is lényegesen kedvezőbb, mint a trotilé.”

A *Műszaki Katonai Közlöny* 2008. évi összevont 1–4. számában Lukács Lászlónak két cikke jelent meg a robbanóanyagokkal kapcsolatban. Az egyik a *robbanóanyagok kialakulásának rövid történetével*,<sup>413</sup> a másik pedig a *robbanóanyag fogalmának és felosztásuk változásával* foglalkozik a magyar katonai gyakorlatban.<sup>414</sup>

Ugyancsak 2008-ban jelent meg a *Robbantástechnika* folyóiratban Kovács Zoltánnak a *Robbanóanyagok a katonai gyakorlatban* című cikke, a Magyar Robbantástechnikai Egyesület Fűrés-robbantástechnika 2008 Nemzetközi Konferenciáján tartott előadása alapján.<sup>415</sup>

A robbantóanyag-ipar fejlődésének kiváló példajaként közölt egy cikket Földesi János a *Műszaki Katonai Közlöny* 2010. évi 1–4. összevont számában az *Austin Powder Co. E\*-Star elektronikusan programozható villamos gyutacsáról*.<sup>416</sup> Az Európai Unióban 2009 januárjától alkalmazható gyutacsot Magyarországon először 2009. június 10-én mutatta be a Detonet Kft. a Basalt-Középkő Kőbányák Kft. dunabogdányi üzemében. A rendszer első eleme a speciális gyutacs, amelybe egy kondenzátort és egy memóriával rendelkező mikroprocesszort építettek be. Ehhez csatlakozik egy indítótöltet, amely iniciálja a gyutacs primer töltetét. A gyutacs mikroprocesszora dolgozza fel az összes parancsot, amelyet a rendszer adatgyűjtő és programozó egységétől (Logger) vagy a digitális robbantógéptől kap. Amikor a robbantógép kezelője parancsot ad a robbantásra, a mikroprocesszor utasítást küld a kondenzátornak, hogy a tárolt energiát egy előre meghatározott, a központi egység által korábban beprogramozott időpontban szabadítsa fel. A robbantás előre megtervezett értékeit gyutacsonként a DLG-1600-100 Logger segítségével lehet betölteni. A cikk részletesen bemutatja a rendszer minden elemének a működését, majd a jelölt bemutató robbantást és annak eredményei értékelését.

<sup>413</sup> Lukács László: A robbanóanyagok kialakulásának rövid története. *Műszaki Katonai Közlöny*, 18. (2008b), 1–4. 15–24.

<sup>414</sup> Lukács László: A robbanóanyag fogalma, a robbanóanyagok felosztása a magyar honvédségben. *Műszaki Katonai Közlöny*, 18. (2008a), 1–4. 25–38.

<sup>415</sup> Kovács Zoltán: *Robbanóanyagok a katonai gyakorlatban*. Előadás a Magyar Robbantástechnikai Egyesület Fűrés-robbantástechnika 2008 Nemzetközi Konferenciáján, Vác, 2008. szeptember 16–18. (megjelent a konferencia kiadványában).

<sup>416</sup> Földesi János: Az Austin Powder Co. E\*-star elektronikusan programozható villamos gyutacsának előnyei a gyakorlatban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20. (2010), 1–4. 197–215.



A cikk végén a szerző többek között a rendszer alábbi főbb jellemzőit és az alkalmazás előnyeit emelte ki:

- A gyutacsok időzítési idejének szórása:  $\pm 0,0$  ms.
- A késleltetési idő 1–10 000 ms között 1 ms-onként programozható.
- A robbantástechnológia geometriai paramétereitől és a robbantott közet jellemzőitől függően optimális késleltetési idők állíthatók be.
- Az iniciálási rendszer eszközeit egyszerű használni, programozni, és nagyon biztonságos.
- Kétirányú kommunikáció az irányító eszközök, a gyutacs és a robbantóhálózat között, ami tökéletes ellenőrzést tesz lehetővé a robbantás előtt.
- A rendszer alkalmazása maximális biztonságot és minimális hibalehetőséget biztosít.
- Az egyszerre elrobbantható gyutacsok száma: 1600 db.
- A robbantások nemkívánatos hatásai (szeizmikus, léglökési és repeszhatás) csökkenthetők.
- A robbantások költségei csökkennek.
- A gyutacstárolás és -nyilvántartás egyszerű (csak egyféle gyutacsot kell nyilvántartani).
- Az E\*-Star gyutacsok hagyományos robbantógépekkel és áramforrásokkal nem robbanthatók fel.
- A rendszer hardvere és szoftvere öntesztelő.
- A rendszer minden elemét víz- és ütésállóan tervezték.

A 2.1. alfejezetben a *Ludovika Akadémia Közlönye* 1893-as számából idéztünk a *Revue de famille* című lapból névtelen szerző által írt cikket.<sup>417</sup> Ennek végén a szerző azon véleményének adott hangot, hogy a „modern explosívek még a legelszántabb merénylők kezében is csupán egyénekre – és nem a nagy közönségre – nézve lehetnek veszélyesek és soha sem képezhetnek eszközt arra, hogy romboló hatásuk a társadalomban valóban nagy mérvben pusztító lehessen”.<sup>418</sup> A fordító nem értett egyet ezzel, és a közlemény végén a saját véleményeként ezt írta: „Ekként nyilatkozik – nyilván a kedélyek megnyugtatóására – a fentebb ismertetett értekezés szerzője; legyen szabad azonban nem osztani teljesen biztonsági érzetét. A robbanó anyagok gyártása és kezelése a társadalom egyes rétegeiben sokkal gyorsabban elterjedhet, mintsem talán egyelőre vélhető lenne és habár igaz ugyan, hogy a merényletek minden egyes esetben csakis egynehány – több-kevesebb – egyénre nézve vészesek, tény azonban, hogy a tömegre elrémlítő hatással vannak. Talán bekövetkezik azon idő, midőn a robbanó anyagok gyártása állami monopólium lesz, ép úgy, mint jelenleg az a pénzverés és azok visszaélés céljából való gyártása a mennyire csak lehetséges, ép úgy meg fog gátoltatni, mint jelenleg meggátolni igyekeznek a hamis pénz készítését. Ellenkező esetben a vegytan folytonos haladása,

<sup>417</sup> A dinamit és a robbanóanyagok (1893): i. m.

<sup>418</sup> A dinamit és a robbanóanyagok (1893): i. m. 332.

a mindinkább általánossá váló ismeretek s a tömegek nem egyszer felizgatott kedélyhangulata könnyen előidézhetik, hogy a robbanó anyagok, mielőtt még néhány év eltelnék, a társadalomra valódi és nagy veszélyt fognak képezni.<sup>419</sup>

A történelem sajnos ez utóbbi véleményt igazolta. Az *1990-es évektől egyre több robbantásos merénylettel szembesült a világ*, hogy aztán az ezredfordulót követően már a napi hírek szintjén találkozunk ezzel a fenyegetéssel. Mivel a polgári repülés is nem egyszer célpontja volt az ilyen merényleteknek (akár maga a repülőgép, akár a kiszolgáló infrastruktúra) a jelen kor szakembereinek is foglalkozni kell a kérdéssel. Lukács László a Nemzeti Közzolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő és Légvédelmi Tanszéke által szervezett *Repüléstudományi Konferenciákon* tartott több előadást ebben a témában, amelyeket a *Repüléstudományi Közlemények* konferencia különszámaiban publikáltak.

*A robbanóanyagokról szóló 2012-es anyagának* bevezető soraiban így fogalmazott. „A robbanóanyagok 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, ha úgy tetszik »felelősség« hárul a robbanóanyagokra. Ítéljük el tehát a robbanóanyagot? Egy korábbi cikkemben, az aknák kapcsán fogalmaztam meg a következő gondolatot, melyet ebben a helyzetben is igaznak, iránymutatónak tartok: »soha nem a tárgyak a bűnösök, hanem az a kéz mely megfogja őket és az az ész, mely ezt a kezét vezérelte...«<sup>420</sup>

„Napjaink új kihívása a robbanóanyagok terrorista bombamerényletekre történő alkalmazása. Olyan háború ez, melyet számunkra ismeretlen ellenség ártatlan emberek ellen folytat vélt vagy valós, vallási vagy politikai sérelmei orvoslására, céljai elérésére, kikényszerítésére. A repülés az egyik kiemelten fenyegetett célpont, legyen az maga az eszköz (lásd pl. a PanAm légitársaság 103-as, London-New York járatának felrobbantását 1988. december 21-én, a skóciai Lockerbie felett), vagy a kiszolgáló létesítmény az utasok sokaságával (2011. január 26.–egy öngyilkos merénylet mintegy 7 kg robbanóanyagot robbantott fel a moszkvai Domogyedov repülőtér, nemzetközi utas-fogadó termináljában). Egy évvel ezelőtti tanulmányunkban<sup>421</sup> elemeztük a polgári repülést fenyegető merényleteket. Ebben a cikkben ismerkedjünk meg magával a fenyegetést jelentő robbanóanyaggal, jellemzőivel, történeti fejlődésével.”<sup>422</sup>

<sup>419</sup> A dinamit és a robbanóanyagok (1893): i. m. 332.

<sup>420</sup> Lukács László: Aknahelyzet Horvátországban és Bosznia-Hercegovinában. *Új Honvédségi Szemle*, (1999), 1. 37–49.

<sup>421</sup> Lukács László: A polgári repülés robbantásos fenyegetettsége (előadás a „Repüléstudományi Konferencia 2011” konferencián). *Repüléstudományi Közlemények*, 23. (2011), 2.

<sup>422</sup> Lukács László: Bombafenyegetés – a robbanóanyagok története. *Repüléstudományi Közlemények*, (2012a), 2. 409–430.

A 2013-as konferencián a robbanóanyag-töltetek iniciálásáról<sup>423</sup> beszélt. „A robbantásos cselekmények kapcsán a híradásokban különböző fajta robbanóanyagokból készített, különböző nagyságú töltetek felhasználásáról olvashatunk. Kevésbé tudatosul az a tény, hogy a cselekmény szempontjából legalább akkora, ha nem nagyobb jelentősége van a robbanást kiváltó, ún. iniciáló rendszernek, melynek legfontosabb eleme a gyutacs. A 2012-es Repüléstudományi Konferencián tartott előadásomban<sup>424</sup> bemutattam a robbanóanyagokat és történelmi fejlődésüket. Egy ugyanezen a konferencián elhangzott másik előadás, átfogó betekintést nyújtott az öngyilkos merénylők által alkalmazott robbanószerkezetekről.<sup>425</sup> Az IED-k<sup>426</sup> főbb jellemzőiről olvashatunk tanulmányokat pl. a Műszaki Katonai Közlöny egyes számaiban is.<sup>427</sup> Most a robbanóanyagok iniciálásához (indításához) szükséges robbantóanyagokkal, fajtáikkal, jellemzőikkel, történelmi fejlődésükkel foglalkozunk. Ez utóbbival kapcsolatban, a honi katonai robbantástechnikában végbement fejlődést mutatjuk be részletesen, ennél bővebb kifejtésre egy cikk terjedelme nem elégséges.”<sup>428</sup>

2014-ben, az I. világháború kitörésének 100. évfordulóján a Magyar Hadtudományi Társaság Műszaki Szakosztálya a *Műszaki Katonai Közlöny* című folyóiratában egy különszámot szentelt a harcokban vitézül harcoló műszaki katonák emlékének. Ebben jelent meg Lukács László cikke *A honi katonai robbantástechnika az I. világháborúban* címmel.<sup>429</sup> A közleményben bemutatja az Osztrák–Magyar Monarchia robbantástechnikában dolgozó kiemelkedő szakembereit: Fülöp Hesst (robbanóanyagok vizsgálatában végzett kutatások – Hess-féle döngölőpróba és ingás erőmérő –, valamint a „pillanatnyi durranózsínór gyújtózsínór” felfedezése), Trauzl Izidort (a nevéhez fűződő lögyapotdinamit feltalálása, a mai napig alkalmazott ólomhengeres robbanóanyag-vizsgálat) és Zubovics Fedort (szárazföldi torpedó).

Ezt követően megismertet a honvédségben akkor alkalmazott robbantóanyagokkal, majd a fa- és a fémszerkezeti elemek, a téglá, kő, beton és vasbeton elemek és a földrobbantás korabeli robbantási szabályaival. A tanulmány a fém-, illetve a kő-, beton- és vasbeton hidak és pillérek robbantási szabályainak bemutatásával zárul.

Ugyancsak 2014-ben olvashattuk a *Műszaki Katonai Közlöny*-ben a Daruka Norbert által írt cikket *Robbanótestek – amit a bombákról tudni érdemes* címmel.<sup>430</sup> A közleményben foglaltakat így összegezte a szerző. „A világháborúk eseményei, eszközei még ma

<sup>423</sup> Lukács László: Bombafenyegetés – robbantószerkek a honi katonai robbantástechnikában. *Repüléstudományi Közlemények*, 25. (2013a), 2. 123–143.

<sup>424</sup> Lukács (2012a): i. m.

<sup>425</sup> Daruka Norbert: Terroristák és taktikák, avagy védekezz, ha tudsz. *Repüléstudományi Közlemények*, 22. (2012b), 2. (Konferencia különszám). 33–41.

<sup>426</sup> Improvised Explosive Device – improvizált (házi készítésű) robbanószerkezet.

<sup>427</sup> Kovács Zoltán: Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012a), 2. 37–52.; Daruka Norbert: Bűnös célú robbanószerkezetek alkalmazásának és hatástalanításának sajátosságai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012a), TÁMOP különszám. 26–34.

<sup>428</sup> Lukács (2013a): i. m. 123.

<sup>429</sup> Lukács László: A honi katonai robbantástechnika az I. világháborúban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24. (2014a), 2. 49–80.

<sup>430</sup> Daruka Norbert: Robbanótestek I. – Amit a bombákról tudni érdemes. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24. (2014), 4. 68–82.

is szomorú élményeket elevenítenek fel a háború nehézségeit átélt és elszenvedett emberek számára. Az emlékek gyakran elevenednek fel, hiszen naponta értesülünk egy újabb szerkezet (bomba, gránát, tüzérségi lövedék stb.) megjelenéséről és az általa hordozott veszélyekről. Természetesen egy ilyen esemény a média számára is nagy jelentőséggel bír. Sajnos gyakran tévesen említik azokat a szerkezeteket, robbanótesteket, melyek miatt sok-sok ember még ma is, évtizedekkel a háborúk után kénytelen, ha csak ideiglenesen is, elhagyni az otthonát. A szerző úgy gondolta, hogy szükséges a robbanótestek minimális ismerete, hiszen olyan sok van még hazánkban és lehet éppen ön lesz az, aki a következőt megtalálja, bejelenti a tűzszerészeknek. A téma pontosabb megismerése érdekében a leggyakrabban használt kifejezést tekintem most át: a bombát, és amit róla tudni érdemes.” A tanulmány végén arra is kitér, hogy mit tegyen az állampolgár, ha I. világháborús, fel nem robbant szerkezetet talál.

*Környezetkímélő katonai robbantások alkalmazása a Magyar Honvédségnél* címmel jelent meg 2015-ben a Lukács László által írt, a Magyar Hadtudományi Társaság 2011. évi pályázatán I. díjat nyert pályamunka a *Műszaki Katonai Közlönyben*.<sup>431</sup> A bevezetőben az alábbiak olvashatók. „Hazánk fegyveres erőinek és testületeinek fő feladata a nemzet szuverenitásának, területi integritásának védelme. Ennek a kötelezettségnek a teljesítéséhez – többek között – fegyverekre és robbanóanyagokra is szükség van, melyek kezelésére, hatásos alkalmazására ki kell képezni a személyi állományt. A fegyveres erők felszerelése és kiképzése viszont szükségszerűen kihat a környezetre is. Katonai robbantástechnikai szakemberként, oktatóként szembesültem azzal a problémával, hogy – szemben az ipari robbantástechnikával – a katonai feladatok során, a feltétlen sikeresség okán, egyáltalán nem fordítunk figyelmet a környezetkímélő technikák, technológiák alkalmazására. Megismerkedve a polgári robbantástechnika elméletével és gyakorlatával úgy láttam, hogy több ponton is lehetőség nyílna, az ott alkalmazott eljárások, robbanóanyagok adaptálására, a katonai robbantási feladatok egy részénél. 1995-ös kandidátusi disszertációmban, kísérleti robbantások eredményeire alapozva, már éltem ez irányú javaslatokkal. 1997-ben, egy kísérleti jellegű robbantási jegyzetet írtam ebben a témában, a Környezetgazdálkodási oktatás fejlesztéséért Alapítvány támogatásával.<sup>432</sup> Munkámat tovább folytattam és folytatom azóta is, kísérleti és bemutató robbantásokat szervezve, több cikket írva, konferencia előadást tartva. A dolgozatban, a környezet védelmével kapcsolatos polgári és katonai szabályozás legfontosabb kérdéseit tekintem át, majd bemutatok néhány területet, melyek a katonai robbantási feladatok, jelenleginél környezetkímélőbb végrehajtását segíthetik elő. A Magyar Honvédség elkötelezett abban, hogy feladatai maradéktalan teljesítése mellett, mégis megfeleljen a jelen kor környezetvédelmi elvárásainak. A Honvédelmi Minisztérium, Infrastrukturális Ügynökség által 2008-ban készített oktatási anyag<sup>433</sup> bevezetőjéből idézzük az alábbiakat.

<sup>431</sup> Lukács László: *Környezetkímélő katonai robbantások alkalmazása a Magyar Honvédségnél. Műszaki Katonai Közlöny*, 25. (2015b), 2. 22–83.

<sup>432</sup> Lukács (1997a): i. m.

<sup>433</sup> *Honvédelmi környezetvédelem* (2008): i. m.

»Napjainkra a közvélemény környezeti érzékenysége és az ezzel kapcsolatos elvárások mind nemzetközi, mind hazai szinten jelentősen felerősödtek. Az európai biztonság javulásával, a katonai fenyegetettség csökkenésével, a globális környezetszennyezés problémáinak felerősödésével a katonai szervezeteket már nemcsak az alapján ítélik meg, hogy képesek-e a katonai biztonságot szavatolni, hanem a szerint is, hogy mennyire töreksenek a környezet megóvására és aktív közreműködésre a fokozódó környezetkárosodás megfékezésében. A környezeti problémák nagyságrendje, a számos országban jelentkező hasonló gondok és azok országhatárokon átnyúló jellege miatt a környezetvédelem alapvető előírásait nemzetközi szerződések, Európai Unió irányelvek rögzítik, s megjelennek a NATO doktrína rendszerében is.

Összhangban a NATO/EU elvárásokkal, a Honvédelmi Minisztérium és a Magyar Honvédség arra törekszik, hogy a kiképzés, a gyakorlatok és egyéb, a honvédelemmel összefüggő feladatok végrehajtása során a környezet védelmére is figyelmet fordítson. A hon védelme nem jelenti a környezet rombolását, alapvető törekvésünk, hogy a katonai feladatainkat ökológiai lábnyom hagyása nélkül végezzük, csapataink mind nemzeti, mind nemzetközi alkalmazása során. A 2004. évben elfogadott új nemzeti biztonsági stratégia deklarálta, hogy az ökológiai biztonság érdekében – és a fenntartható fejlődés elveivel összhangban – Magyarország fontosnak tartja a természeti erőforrások, a védett és nem védett természeti területek és a természeti értékek megóvását. A környezetvédelem a nemzeti katonai stratégiában is megjelenik oly módon, hogy a honvédelem és a környezetvédelem egy olyan modern fogalom-pár, amely azt az elkötelezettséget fejezi ki, amelyet a védelmi tárca kész felvállalni a természetes és az épített környezet védelme érdekében.«<sup>434</sup>

A cikk a hazai polgári és katonai környezetvédelmi szabályozás vonatkozó részterületeinek bemutatásával folytatódik. Ezt követően a környezetkímélő katonai robbantások lehetséges kérdéseit vizsgálja, úgymint:

- az ipari robbanóanyagok alkalmazási lehetőségeit a katonai feladatok végzése során;
- a szabvány-, pót- és szükség-robbanóanyagok honvédségnél alkalmazható bevezethetőségét;
- a környezetkímélő földrobbantásokat időzített gyutacsok alkalmazásával;
- a szerkezeti elemek környezetkímélő robbantását belső töltetekkel;
- a lineáris vágótöltetek alkalmazásának előnyeit a katonai feladatok végzése során.

*Robbanóanyag-ipari alapanyagok és termékek osztályozási lehetőségeiről* jelentetett meg a *Műszaki Katonai Közlöny*ben egy cikket *Daruka Norbert 2016-ban*.<sup>434</sup> Az anyag tartalmi összefoglalójában ez olvasható: „A robbanóanyagok és a robbantás évezredek óta fokozatosan fejlődött ki a pirotechnikából, vagyis a tűz alkalmazásának technikájából. Az idők folyamán jól elkülönültek a polgári robbanástechnikában, illetve a katonai műveletek során alkalmazott anyagok, ez a legtöbb szakirodalomban megfigyelhető. A két szakterület, sajátosságaikból adódóan, a különböző célok elérésére más-más robbantástechnikai tulaj-

<sup>434</sup> Daruka Norbert: Robbanóanyag-ipari alapanyagok és termékek osztályozásának lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26. (2016), 1–2. 6–43.

donságokkal rendelkező robbanóanyagokat használt fel – természetesen a két területen, ha szűk intervallumban is, de vannak átfedések. A robbanóanyagok csoportosításának kérdésében is megfigyelhető a területi sajátosságokból eredő fontossági sorrend.” A robbanóanyagok különböző szempontok alapján történő csoportosításának bemutatása után a robbanóanyag-keverékekkel, majd az ipari és katonai robbanóanyag-alapanyagokkal és -termékekkel foglalkozik a közlemény. Ezen belül ismerteti a lőporokat, majd a fontosabb iniciáló és brizáns robbanóanyagokat, azok főbb jellemzőit.

2018-ban a *Katonai Logisztika* folyóiratban Lukács László és Tóth Rudolf foglalta össze tanulmányában a *hazai katonai szakfolyóiratokban 1875 és 1945 között megjelent*, robbantóanyagokkal foglalkozó cikkeket.<sup>435</sup>

A robbanóanyagok tárolásáról korábban bemutattuk a *Műszaki Szemlében 1930-ban* megjelent cikket.<sup>436</sup> A *Honvédségi Szemlében 2019-ben* jelent meg Terék Tamás összefoglaló írása<sup>437</sup> a *robbanóanyag- és gyújtószertárolás, -karbantartás előírásairól a két világháború között*, a mai hazai szabályozás tükrében. „A Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program haderő-átalakítási törekvései kapcsán a publikáció összeveti, párhuzamba állítja a tárgyalt korszak és napjaink robbantóanyag-tárolási, -kezelési és -szállítási szabályait, előírásait, vizsgálja az eltéréseket és az azonosságokat. Jelen írás célja az elődök által megalkotott rendszerek ismertetése, azok napjainkban is alkalmazható elemeinek adaptálása korunk szabályzóiba, kiegészítve az aktuális anyagokkal és a hozzájuk alkalmazandó eljárásrendekkel” – írja az anyag összefoglalójában a szerző. A tanulmányban nyomon követhetjük a hazai katonai robbanóanyag-vizsgálat szabályainak koronkénti változásait, majd a robbantóanyag-tárolás előírásait 1926-ban, összevetve a mai előírásokkal. Befejező gondolatai a szakma előtt álló kihívásokról is szólnak. „Esetünkben sok feladat áll előttünk. A veszélyességi osztályba besorolások szerinti nyilvántartás bevezetése, a robbantóanyagok raktározása infrastrukturális feltételeinek megteremtése, és oly sok további kérdés mellett a hatályos szabályzórendszerünk teljes átdolgozása. A mi feladatunk, hogy kellő körültekintéssel, felkészültséggel és az egyes szakmai szervek, szervezetek együttműködő munkájával alakítsuk át a meglévő szabályzókörnyezetünket, megfeleltetve az anyagoknak, a szervezeteknek, a biztonságnak és nem mellékesen a szövetségi környezetnek.”<sup>438</sup>

Ugyancsak 2019-ben jelent meg a *Katonai Logisztikában* Kugyela Lóránd cikke a *robbanóanyag-keverő és -töltő gépkocsik alkalmazásának előnyeiről, a közúti szállítás szemszögéből*.<sup>439</sup> A tanulmány megírásával az alábbi célt tűzte ki maga elé a szerző. „Az építőipar jelentős fejlődése és megnövekedett igényei sokkal nagyobb termelékenységet és rövidebb végrehajtási időket kíván meg a robbantástechnikában is. Emellett a gazdasági

<sup>435</sup> Lukács László – Tóth Rudolf: Robbantóanyagok a hazai katonai szakfolyóiratokban 1875–1945. *Katonai Logisztika*, (2018), 3–4. 273–300.

<sup>436</sup> Ty. (1930b): i. m. 77–80.

<sup>437</sup> Terék Tamás: Szemelvények a robbanóanyag- és gyújtószertárolás, -karbantartás előírásaiból a magyar királyi honvédségben a két világháború között, a mai szabályozás tükrében. *Honvédségi Szemle*, (2019), 5. 135–143.

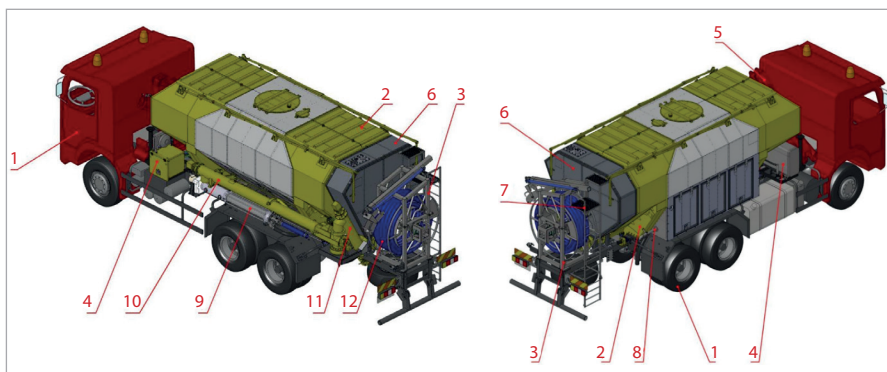
<sup>438</sup> Terék (2019): i. m. 143.

<sup>439</sup> Kugyela Lóránd: Robbanóanyag keverő-töltő gépkocsik alkalmazásának előnyei a robbanóanyagok közútiállításának szemszögéből. *Katonai Logisztika*, (2019), 3. 162–177.



mutatóknak is sokkal nagyobb jelentősége lett, mivel a költségeket, kiadásokat a lehető leg-alacsonyabb szinten kell tartani. Pozitív velejárója a fejlődésnek, hogy a környezet és egészségvédelem is jelentős fejlődésen ment keresztül. Cikkemben általános áttekintést nyújtok a robbanóanyagot előállító-keverő egységekről, továbbá bemutatom ehhez kapcsolódóan a bináris robbanóanyagok felhasználási lehetőségét és sajátosságait.”

Az alapprobléma az, hogy a robbanóanyagok tárolása szigorúan szabályozott feltételekhez kötött, ezek megteremtése és fenntartása pedig komoly költségeket igényel.<sup>440</sup> A robbanóanyagot ezután a raktárból el kell juttatni a felhasználás helyszínére, ami viszont a veszélyes anyagok közúti szállításának legfőbb szabályzata, az ADR (a francia *Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route*, azaz *Európai egyezmény a veszélyes áruk közúti szállításáról* rövidítése) előírásai szerint történhet, speciálisan felkészített gépkocsival és az előírt vizsgálával rendelkező személyzettel, ami újabb költségeket jelent. A két- és többkomponensű, főleg ammónium-nitrát alapanyagú ipari robbanóanyagok elterjedésével került sor a robbanóanyag-keverő, -töltő gépkocsik kifejlesztésére. Ezek tulajdonképpen mobil robbanóanyag-gyártó, -keverő berendezések, amelyek különböző tartályaikban szállítják a robbantás helyére a robbanóanyag előállításához szükséges, önmagukban nem robbanó alapanyagokat. Így a raktározásnál és a szállításnál sem kell betartani a robbanóanyagoknál fent említett előírásokat, vagyis jelentős költségcsökkentés érhető el, ami a végtermék (lerobbantott közet stb.) árában is megmutatkozik, azt versenyképesebbé teszi. A cikk szerzőjének példájában egy kőbányában a robbantás költsége az összköltség 11%-a, míg a robbanóanyag-szállítása 30%. Egy ilyen speciális gépkocsi felépítése látható a 12. ábrán.



12. ábra: Robbanóanyagot keverő-töltő gépkocsi szerkezeti felépítése (1 – váz és futómű; 2 – tárolórekesz; 3 – töltőrendszer; 4 – hidraulikai rendszer; 5 – töltőgém; 6 – dízelolaj- és víztároló rekeszek; 7 – létra; 8 – emulziószivattyú-rendszer; 9 – végtermékszivattyú-rendszer; 10 – ANDO kihordócsiga; 11 – kihordócsiga; 12 – töltőcső)

Forrás: Kugyela (2019): i. m. 170. 4. ábra.

<sup>440</sup> Magyarországon jelenleg a 2022. február 1-jén hatályba lépett Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat (ÁRBSZ) V. fejezete szerint. 27/2022. (I. 31.) SZTFH rendelet. *Magyar Közlöny*, (2022), 17. 915–984.

*Kugyela Lóránd 2020-ban az előző anyagnak mintegy a folytatásaként a többkomponensű robbanóanyagokról* közölt egy cikket.<sup>441</sup> A bevezetőjében ezt írja: „A robbanóanyag-keverékek kialakulását ezen a területen is az ipari és hadi igények indították el. A fejlesztések célja a kettő (vagy több) alkotóelem előnyös tulajdonságainak ötvözése-növelése, illetve a robbanóanyag felhasználásának gazdaságossá tétele volt, annak eredeti tulajdonságainak jelentős megváltozása nélkül.”<sup>442</sup> A fejlődés során azután a korábbi értelemben vett robbanóanyag-keverékek helyett az önmagukban kezelésbiztos, nem robbanóképes összetevőkből akár a robbantás helyszínén „előállítható” jól iniciálható bináris robbanóanyagok kutatása került előtérbe. A szerző is ilyen robbanóanyag fejlesztésén dolgozik, és ennek a pillanatnyi eredményeiről számolt be a cikkben. Bemutatja a többkomponensű robbanóanyagok lehetséges alkotóelemeit, úgymint az oxidálószereket, az éghető anyagokat és az érzékenyítő szereket. A bináris robbanóanyagok felhasználási területei között kitér az amerikai ipari és katonai felhasználás helyzetére, a katonai és rendvédelmi alkalmazási lehetőségekre a Magyar Honvédség keretein belül és a hazai bányászati célú felhasználásra. Bemutatja a különböző robbanóanyagok használata során fellépő előnyöket és hátrányokat. Ahogy fogalmaz: „Minden robbanóanyag esetén beszélhetünk előnyös és hátrányos tulajdonságokról. Előny, amely alapján az adott feladatkörre alkalmas és hátrány, amely miatt az alkalmazása kockázatos vagy több odafigyelést igényel. Azonban ez nem általánosítható, mert ami az egyik feladat esetében hátrányos, az a másik esetén közel sem biztosan az, illetve fordítva.”<sup>443</sup> Végül egy érdekes kérdéssel zárja a tanulmányt: „Az európai jogrendből a bináris robbanóanyag – mind a direktívát, mind a szabványokat tekintve – teljes mértékben kimaradt. Ennek oka onnan ered, hogy az első szabadalmi bejegyzése és a termék hőskora, illetve elterjedése az Amerikai Egyesült Államokban a ’80-as, ’90-es évekre tehető. Ekkor Európában még számtalan robbanóanyag-gyár üzemelt, és a piac telített volt minden gyártmánnyal mind a katonai, mind az ipari robbanóanyagok terén. Európában a nagy távolságok jelentette tengerentúli sajátosság sem létezett, amely indokoltta tette volna ezeknek a robbanóanyagoknak a használatát. Napjainkban a gyártott bináris robbanóanyagok egyik legnagyobb felhasználója az Amerikai Egyesült Államok hadserege, melynek jelentős számú külföldi miszsiója megköveteli a gazdaságosan és biztonságosan szállítható, olcsó robbanóanyagot. Így történt meg, hogy ez a robbanóanyag-típus nem jelent meg a köztudatban, a tudományos életben, holott a jelenkori speciális felhasználási területeken már kontinensünkön is lenne létjogosultsága, azonban rendszerbe illesztése éppen emiatt körülményes és meglehetősen bürokratikus folyamat lesz. Ehhez kapcsolódóan a vizsgálati-értékelési folyamatokat a szakirányú szabványosítási munkacsoportoknak ki kell dolgoznia, hogy azok bekerüljenek a harmonizált szabványokba.”<sup>444</sup>

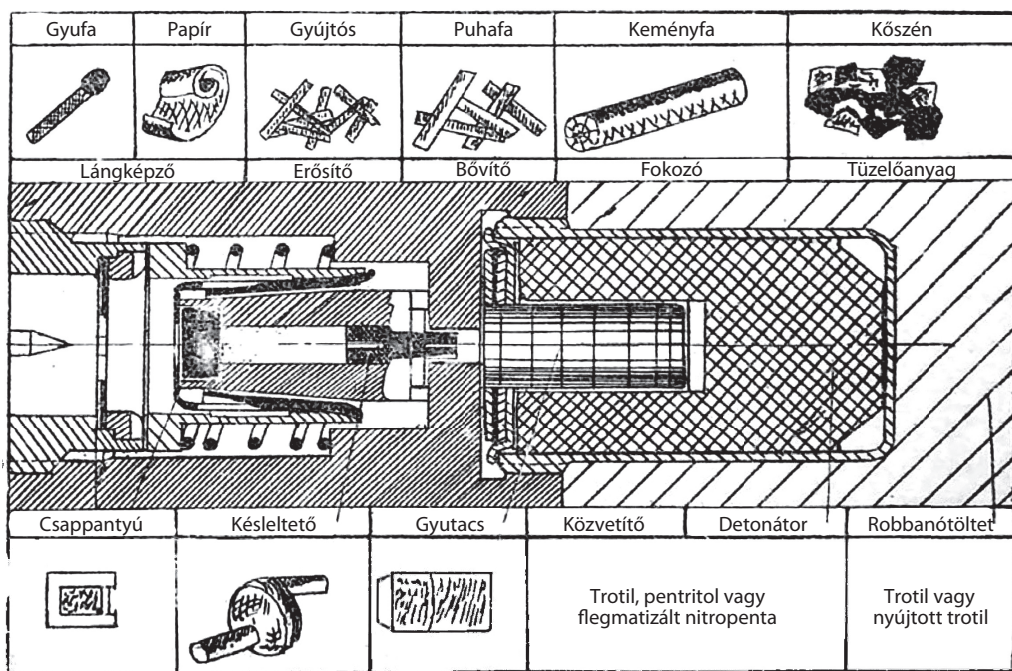
<sup>441</sup> Kugyela Lóránd: A többkomponensű robbanóanyagok múltja, jelene és jövője. *Katonai Logisztika*, (2020), 4. 58–75.

<sup>442</sup> Kugyela (2020): i. m. 59.

<sup>443</sup> Kugyela (2020): i. m. 69.

<sup>444</sup> Kugyela (2020): i. m. 70.

Ugyancsak 2020-ban jelent meg Lukács László első cikke az 1945–1990 között a katonai szakfolyóiratokban megjelent robbantástechnikai tárgyú publikációkat bemutató sorozatból.<sup>445</sup> Ebben a részben a *robbanóanyagokkal és azok iniciálásával foglalkozó tanulmányokat* gyűjtötte csokorba. A hagyományos robbanóanyagok mellett bemutatja a tüzelőanyag-levegő keverék robbanóanyagokkal foglalkozó cikkeket, majd a robbanóanyagok iniciálásával foglalkozó közleménnyel zárja a tanulmányt. Itt látható egy robbantástechnika-történeti érdekesség is a gyújtási lánc első szemléletes bemutatásáról egy, a műszaki egyetemek és főiskolák hadmérnöki tagozatai számára íródott jegyzetből.<sup>446</sup> Ebben a kezelésbiztos robbanóanyagok (a képen az akkori 48 M nyeles kézigránát látható) felrobbantására létrehozandó gyújtási láncot a kályhában lévő tüzelő meggyújtásához hasonlítva ábrázolják a szerzők.



13. ábra: Gyújtási lánc

Forrás: Maróthy–Bárány–Falkai (1950): i. m. 9. 9.2. ábra.

Terék Tamás 2019-ben már foglalkozott egy tanulmányában a katonai robbanóanyagok tárolásával. Ezt folytatva jelent meg 2020-ban a *lőszer- és robbanóanyag-tároló*

<sup>445</sup> Lukács László: Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban 1945–1990 között I. rész – Robbanóanyagok és iniciálásuk. *Katonai Logisztika*, (2020b), 3. 241–277.

<sup>446</sup> Maróthy–Bárány–Falkai (1950): i. m.

*katonai objektumok veszélyességi besorolásával* foglalkozó cikke.<sup>447</sup> Ebben a lőszereket és a robbantóanyagokat tároló hazai katonai objektumok rövid történeti áttekintése után bemutatja azok veszélyességének mibenlétét és a feladataikból fakadó kockázatokat. Ezt követően részletesen foglalkozik ezen objektumok veszélyességi besorolásának jogszabályi előírásaival, biztonságos működtetésük követelményeivel. Ismerteti a vonatkozó polgári jogszabályi és honvédelmi előírásokat, a veszélyességi besorolás szempontjait, dokumentumait és azok tartalmát. Egy fiktív harcanyagtárolóról készített dokumentációval szemlélteti a jogszabályban rögzített előírások napi életben történő alkalmazását. A tanulmány a katonai lőszer- és robbantóanyag-tároló objektumok belső védelmi terve rendeltetésének, annak felépítésének bemutatásával zárul.

A fenti téma fontosságát bizonyítja a *központi harcanyagraktárak védelméről* szóló, Berek Lajos és Terék Tamás által 2021-ben megjelentetett cikk is.<sup>448</sup> Ebben a „szerzők bemutatják a központi harcanyagraktárak, mint potenciális létfontosságú veszélyes katonai objektumok esetén napjainkban reálisan alkalmazott védelmi eszközrendszert. Egy saját osztályozási elv meghatározásával elemzik az objektumvédelem alapkérdéseit, kiemelve a kezelési, tárolási technológiába épített védelmi funkciókat. A szerzők megfogalmazták és alátámasztották, hogy a harcanyagtároló raktárak vonatkozásában az objektumvédelem feladatrendszerének minden összetevője egyforma fontosságú mind a romboló célzatú támadások, harcanyagokhoz való hozzájutást célzó behatolások ellen, mind a tárolás, kezelés során bekövetkező balesetek elkerülése érdekében.”<sup>449</sup> A tanulmányban foglaltak összegzéseként az alábbiakat írták. „A harcanyagtároló raktárak vonatkozásában az objektumvédelem feladatrendszerének minden összetevője egyforma fontosságú. A klasszikus őrzés-védelem elemei biztosítják a megőrzést, a technológiába épített folyamatok a biztonságos tárolást, megóvást. A közelmúlt és napjaink eseményei, történései bizonyítják a fenti állítások igazát. Az elmúlt évtized ukrainai lőszerraktár-robbanásai, ahol esetenként felmerült a szabotázs gyanúja, hangsúlyozzák a szigorú őrzés-védelem szükségességét, míg az ez év június elején bekövetkezett szerbiai lőszergyár-robbanás a technológiai folyamatba épített védelem elemi voltára irányítja a figyelmet. Kutatásunk során összegeztük a központi harcanyagraktáraknál alkalmazott biztonsági, védelmi rendszabályokat. Az általunk megalkotott négy objektumvédelmi irányelv új elemként tartalmazza a korábbiakban ilyen közelítésből nem vizsgált, az alkalmazott technológiából származó biztonsági tényezőket.”<sup>450</sup>

<sup>447</sup> Terék Tamás: Lőszer- és robbantóanyag-tároló katonai objektumok veszélyességi besorolásának jogszabályi követelményei, belső védelmi terve. *Katonai Logisztika*, (2020), 1–2. 224–241.

<sup>448</sup> Berek Lajos – Terék Tamás: A központi harcanyagraktárak védelme. *Katonai Logisztika*, (2021), 3–4. 46–56.

<sup>449</sup> Berek–Terék (2021): i. m. 46.

<sup>450</sup> Berek–Terék (2021): i. m. 56.

Vákát



### 3. A robbanás irányított hatása a hazai katonai szakfolyóiratokban

Bármennyire is furcsa, de a robbanás irányított hatásának kutatása, fejlesztése a tengeri hadviselés miatt kezdődött. A 19. századra Anglia tengeri egyeduralkodóvá erősödött. Gyors és hatalmas tűzerővel rendelkező hadihajói uralták a világteengereket. A francia admirálisok egy új típusú hajó megépítésével próbálták ellensúlyozni ezt a fölényt, amikor 1858-ban elkezdték a *La Gloire*, az első páncélos hajó építését. Az 1859-ben vízre bocsátott, 77,8 m hosszú és 5630 tonna vízkiszorítású hajó testét csak a vízvonalig védték 4,5 hüvelyk (12 cm) vastag acéllemezek. A franciák eredeti szándéka az volt, hogy egész flottájukat vastestű hajókra cseréljék le, de az ipari kapacitásuk képtelennek bizonyult elegendő vasat szállítani. III. Napóleon császár biztos volt abban, hogy az általa tervezett új hajókkal a haditengerészet képes lesz a briteknél jobban manőverezni és lőni. Az új hajó azonban nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket. Az ágyúk közel voltak egymáshoz, és a lövegnyílások túl közel voltak a vízvonalhoz, ami nagyon megnehezítette a harcot a nyugodt tengeren kívül minden más esetben. Ráadásul a felhasznált faanyag rossz minőségű volt, és a vaspáncélzat miatt nem tudott kiszáradni sem, ezért a hajótest gyorsan elrohadt, és 1883-ban leselejtezték.



14. ábra: A HMS Warrior Portsmouth kikötőjében

Forrás: Kennedy Hickman: First Ironclads: HMS Warrior. ThoughtCo, 2017. március 17.



A franciák kihívására adott *brit válasz* alapjaiban változtatta meg a tengeri hadviselést. Bár Baldwin Walker admirális, az angol haditengerészet felügyelője nem volt meggyőződve arról, hogy a vashajók valaha is teljesen felváltják a fából készülteket, felismerte, hogy az ország biztonsága attól függ, hogy minél hamarabb elhárul-e a francia fenyegetés. Az először javasolt egyszerű megoldás az volt, hogy a meglévő hajókat ők is vasalással burkolják be, de Sir John Pakington, az admirális első lordja a vashéjazatú hajók építését támogatta, és 1858 novemberében megbízást adott egy ilyen hajó tervezésére. A La Gloire üzembe helyezése után négy hónappal vízre bocsátott, tisztán fémtestű hajó, a *Warrior* a világ leggyorsabb, legnagyobb, legerősebb és legerősebben felfegyverzett hadihajója volt, és testvérhajójával, a *Black Prince*-szel megerősítették Nagy-Britannia helyét a tengerek uraként. Ez jelentette egyben az átmenetet is a vitorlázásról a gőzmeghajtásra.

A hadihajógyártás a világon mindenhol a *fémtestű gőzhajók* felé fordult, ugyanakkor előrevetítették a tengeri csaták egy másik fontos eleme, a *tüzérség elengedhetetlen fejlesztését is*. 1862. március 9-én az *amerikai történelem* egyik leghíresebb tengeri csatájában két vashajó, a *U.S.S. Monitor* és a *C.S.S. Virginia* ütközete „döntetlen” eredménnyel zárult a virginiai Hampton Roads-nál. A hajók egész délelőtt lötték egymást, de páncéllemezeik könnyedén kivédtek az ágyúlövéseket, ezzel jelezve a gőzzel hajtott vashajók új korszakát.

Az 1890-es évek végén és az 1900-as évek elején a *tüzérségi fejlesztések*, amelyeket az Egyesült Királyságban Percy Scott, az Egyesült Államokban pedig William Sims vezetett, már a soha nem látott 6000 yardra (5500 m) tolták ki a lövegek várható harci távolságát, ami elég nagy ahhoz, hogy a tüzéreknek meg kelljen várniuk a lövedékek megérkezését, mielőtt a következő lövedékhez korrekciókat alkalmaztak volna.

A 20. század elejére a britek tovább emelték a tétet. A *HMS Dreadnought*, a Királyi Haditengerészet új csatahajója forradalmasította a tengerészeti hadviselést. A hajó 1906-os hadrendbe állítása olyan előrelépést jelentett a haditengerészeti technológiában, hogy nevéhez a csatahajók egész generációja, a „dreadnoughtok”, valamint a róla elnevezett hajóosztály is társult.

### 3.1. A torpedók

A vastag páncéllal és hatalmas tüzérségi erővel rendelkező hadihajók ellen – mint a történelemben már annyiszor – sokkal olcsóbb, mégis hatékony fegyvereket is kifejlesztettek. A *Pallas Nagy Lexikona* 1897-ben az alábbiakban foglalta össze a *torpedónak* nevezett új, hadihajók elleni fegyver jellemzőit: „minden olyan testet, tárgyat, melyet a kikötőknek, folyamtorkolatoknak elzárására, ellenséges hajóknak megtámadására használtak, és amely állandóan egy helyben fekvő vagy tova úszva, lökés, ütés vagy a villamszikra által a víz alatt robbanásra volt hozható, kivétel nélkül T.-nak neveztek. E fegyver hivatására való tekintettel azonban újabb időben kétféle T.-t különböztetnek meg: a defenzív T.-t (tengeri tűzaknát) és az offenzív T.-t, a szerint, amint kizárólag

csak védőfegyverként használtatik (tengeri tűzakna), vagy mint támadó eszköz jön alkalmazásba.”<sup>451</sup>

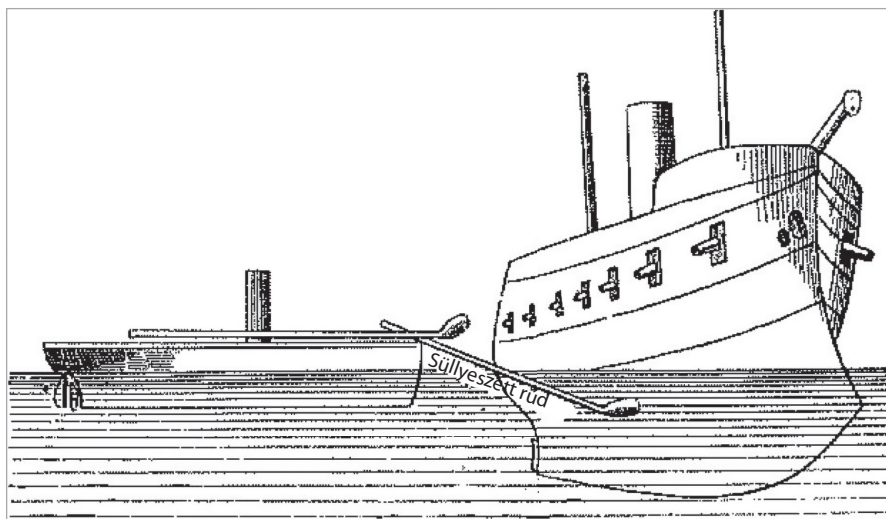
*A tengeri aknákról* a következő főbb jellemzőket olvashatjuk. „Tengeri tűzakna. Ez a kikötők, csatornák, folyamtorkolatok elzárására használtatik s célja az ellenséges hajóknak erőszakos behatolását, közeledését meggátolni. Az akna egy (régebben fából) acél- vagy vaslemezekből készített zárt tonnából (hordóból) áll, melyet robbanó anyaggal töltenek meg és a vízbe dobva, bizonyos meghatározott helyen egy horgony és kötel segítségével a tengerfenékhez horgonyoznak. Az aknaedény úszóképességgel bír, de miután a horgony kötel rövidebb mint a tenger mélysége, az aknát a horgony súlya 3-5 m.-nyire a víz felszíne alá húzza és ottan úszik. Az aknaedényben a robbanó anyagon kívül még egy gépszerkezet van, amelynek az edény falaiból kiálló emeltyűire okozott ütés vagy erősebb súrlódás a robbanó anyagnak felrobbanását idézi elő (kontakt tűzakna) vagy pedig olyképpen van berendezve, hogy az akna csak villamfolyam segítségével, egy a szárazföldön (tengerparton) tartózkodó megfigyelő személy által, tetszés szerinti pillanatban robbantható fel (villamos megfigyelő tűzaknák).”<sup>452</sup>

*A támadó torpedók* kezdeti példányai első olvasásra meglehetősen öngyilkos vállalkozásnak tűntek. „Offenzív T. vagy egyszerűen T. Az első ilyen fegyver, melynek keletkezése az amerikai polgárháború idejére esik és úgy ottan mint később az orosz-török és a francia-kinai háborúkban eredménnyel használtatott, az u. n. rúd-T. Kezdetleges primitív szerkezete az idővel haladó sok kísérletezés folytán annyira javult, hogy a hetvenes években az alább említett Harvey-T.-val együtt mint a hadi tengerészetek T.-fegyvere általánosan használatba vétetett. Egy, fémből (vörösréz) készült, 12-15 kg. lögyapotot tartalmazó robbanó edényből áll, mely edény egy 7 m. hosszú, és egy gözcsonakban elhelyezett acélrúd végére erősítetik. Az edényben a lögyapoton kívül egy oly kontakt-szerkezet van elhelyezve, mely ellenséges hajóval való érintkezés után, vagy mechanikai vagy pedig villamos gyújtás folytán működik. A támadásnál a csónak az ellenséges hajót megközelíti, a rudat a csónak elején kitolja és a végét annyira süllyeszti, hogy az edény 1 m.-re a víz alá süllyedjen; mihelyt a T. az ellenséges hajó falazatába ütődik, felrobban. A gözcsonakok ilyen támadásoknál mutatkozó elégtelen sebessége, amennyiben a támadó az ellenfél tűzkörletében mozog, vezetett az u. n. T.-nászádok vagy T.-csónakok építésére.”<sup>453</sup>

<sup>451</sup> Gerő Lajos (szerk.): *A Pallas Nagy Lexikona*. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt. 1893–1904. 16. kötet. 1897. 278.

<sup>452</sup> Gerő (1893–1904): i. m. 16. kötet. 1897. 278.

<sup>453</sup> Gerő (1893–1904): i. m. 16. kötet. 1897. 279.



15. ábra: Rúdtorpedós támadás hadihajó ellen

Forrás: Gerő (1893–1904): i. m. 16. kötet. 1897. 279.

A mai értelemben vett *torpedó*ról a *Ludovica Academia Közlönyében* 1877-ben megjelent cikkben olvashatunk bővebb információkat.

„A tengeri aknák, vagyis az úgynevezett torpedók azon romboló eszközökhöz tartoznak, melyeknek feltalálása a jelen korszakba esik, és a melyeknek általános és nagyobb mérvű alkalmazása egy tengeri háborúban még meg nem kíséreltetett. (Az amerikai forradalmi háborúban – 1861-64. – a torpedók már nagyobb mértékben lettek – főleg a déliek részéről – felhasználva.) [...]

Minthogy azonban az ágyúk legtöbb esetben elégségesek voltak arra, hogy a fából épített hadihajók a tengerpartoktól kellő távolságokban tartassanak, a tengeri aknák a legújabb időkig általánosan nem alkalmaztattak. A viszonyok azonban az előbb említett tekintetben jelenleg a vértess hajók feltalálása folytán lényegesen változtak. A legnehezebb ágyúk is t.i. ezekben nem okozhatnak oly károkat, mint az előbbi időkben aránylag sokkal kisebb űrméretű ágyúk a fahajókban. [...]

E körülmény indította néhai Lupis nevű mérnököt arra, hogy egy oly aknát vagyis torpedót igyekezett szerkeszteni, mely bárhol is egy nagyobb távolságban álló ellenes hajó felé, annak szétrombolása végett, indítható legyen. Whitlehead nevű angol mérnök ez eszmét felkarolta és több kísérlet után sikerült nekik végre ily torpedókat szerkeszteni, melyek azonban céljuknak teljesen meg nem feleltek, mert alkalmazásuk némileg bizonytalan volt. E torpedók, melyek hal alakúak voltak, Lupis–Whitehead név alatt ismeretesek. Folytonos újabb kísérletek által Whitehead azonban azoknak szerkezetét mindinkább és oly annyira tökéletesítette, hogy azok mai nap az azokhoz kötött igényeknek minden tekintetben megfelelnek, és általánosan nemőkben legjobbaknak vannak el ismerve. [...]

E torpedó nem egyéb, mint egy 19 ½ láb hosszú,<sup>454</sup> 5/10 hüvelyk<sup>455</sup> vastagságú aczélelemezről készült hengerded test, melynek két vége csúcshegyben végződik. Alakja tehát körülbelül olyan, mint a zabszemé. E hengerded test legnagyobb átmérője (a középén) 15 hüvelyk<sup>456</sup>, és 4 részből van összetéve. A robbantó szer, t. i. 80-100 font<sup>457</sup> dinamit az előrésszben van. A második részben az úgynevezett titok van, melyről később fogunk szólni, a harmadik részben pedig 70 légköri nyomatra összeszorított levegő. A negyedik részben egy kis gépecske, mely által a torpedó végén levő csavar mozgásba hozatik.

Az első résznek elején egy közönséges csapódási gyutacs van beeresztve, mely által a torpedó, mihelyt valamely szilárd testtel érintkezésbe jő, felrobban. A harmadik részben, mint említettük, az összeszorított levegő van, mely oda egy gőzgép segítségével egy csövön át beeresztetik, azután elzáratik úgy, hogy ott napokon át bennmaradhat a nélkül, hogy elillanásától tartani kellene. [...] 1 óra alatt 20 angol mérföldet<sup>458</sup> volna képes áthaladni. [...] A távolság, melyre ekként a torpedó, ha futásában egy szilárd testbe nem ütközik, elhalad, 2000-2200<sup>459</sup> lábra tehető. A távolságot elérvén, mozgása megszűnik, s a víz felszínére jut, miután daczára, hogy megtöltött állapotban súlya vagy 7 mázsa, mégis könnyebb, mint az általa kiszorított vízmennyiség súlya. A mi a második részben levő titkot illeti, előre kell bocsátanunk, miszerint egy oly torpedó, mely a víz felszínén úszva indíttatnék egy ellenséges hajó ellen, koránsem érne annyit és nem volna oly hathatós, mint egy olyan, mely a víz alatt halad az elrombolandó hajó felé, és pedig két oknál fogva.

Az első az, hogy habár az indgyorsaság másodpercenként 35 láb,<sup>460</sup> mégis e sebesség később kisebbbedvén, egy ellenséges hajó a torpedót, ha az a víz felszínén úszva bocsátatnék el, jókor észrevévén, az elől esetleg kitérhetne. A második ok az, hogy a vértés hajók tudvalevőleg főleg csak a víz színe felett levő részökben levén vértézve, a torpedó, ha ezen részbe ütközik, sokkal kisebb rombolást visz véghez, mint ha a nem vértezett részt találja, melybe oly nagy nyílást szakít, hogy annak következtében minden hajónak menthetetlenül el kell vesznie. [...]

A kísérletek, melyek az 1876-ik év november havában Fiumében egy angol bizottság előtt a végezt tétettek, hogy megállapíttassék, mennyiben felelnek meg a Whitehead-torpedók céljuknak, s a melyeknél jelen voltam, bámulatos eredményt mutattak. A cél-tábla, mely egy 4 öl hosszú és 2 öl széles<sup>461</sup> vashálóból volt képezve, az említett elbocsátó állványtól 600 lépésnyire a tengerbe bocsátatott, s nagyszámú torpedó egyik a másik után a cél-tábla felé indíttatott. A háló majdnem mindig el lett találva [...]

<sup>454</sup> 5,94 m.

<sup>455</sup> 1,27 cm.

<sup>456</sup> 38 cm.

<sup>457</sup> 36,3–45,3 kg.

<sup>458</sup> 32 km.

<sup>459</sup> 610–670 m.

<sup>460</sup> 10,67 m.

<sup>461</sup> 7,3 × 3,6 m.

A leírt torpedók jelenleg csakis Fiumében Whitehead gyárában készíttetnek. Egynek-egynek ára 4000 forint. Az utóbbi időben valamennyi európai hatalom megrendeléseket tett, különösen nagy mértékben Oroszhon.<sup>462</sup>

Ugyancsak 1877-ben a *Vasárnapi Újság* nevű civil folyóirat hasábjain a fentieknél sokkal részletesebb tanulmányt jelentetett meg *Sámi Lajos* a torpedókról és azok katonai gyakorlatban való alkalmazásáról.<sup>463</sup>

1877-ben a *Háború Krónika* is megjelentetett két cikket<sup>464</sup> a torpedókról.<sup>465</sup> Ezt 1878-ban még egy hasonló témájú cikk követte a folyóiratban.<sup>466</sup>

A *Vasárnapi Újság* egy 1890-es cikkében azonban már „temetni kezdte” nemcsak a tengeri, hanem a Zubovits-féle szárazföldi torpedókat is. A „katonai munkatársunktól” szerzőségű cikkben ezt olvashatjuk: „A torpedó, mely nevét egy villamos érzékenységgel bíró tengeri haltól veszi, minden veszélyes tulajdonságai mellett, mai napság már bizonyos tekintetben a félig megbukott vagy bukó félben levő ódonszerű találmányok sorába tartozik, mivel a puskapor nélküli ágyúk, továbbá a villamos világítás, hatáskörét maholnap egészen leszorítják a tettek mezejéről.”<sup>467</sup> A tengeri torpedók terén tapasztalható fejlesztések bemutatása után összegző következtetései alapján egy letűnőben lévő fegyverfajtáról beszél.

„Vannak ezenkívül még szárazföldi torpedók is, melyeknek gyakorlati célját a legtöbb esetben nagyon is kétségesnek tartjuk. Kétséget nem szenved, hogy oly helyen, hol az előrenyomuló ellenség feltartóztatásáról van szó, a föld alatt elásott torpedók nagyon hasznosak lehetnek, de a mai harczászat módjai mellett, alkalmazásuk legfeljebb erődített helyek és várak előtti terepek némi védelmére szolgálhat. Másféle előnyeit katonai célokra alig lehetne kimutatni. A párisi École d’Artillerie-ben [tüzérségi akadémia] tartott előadások alkalmával, d’Henret ezredes a szárazföldi torpedók alkalmazását veszedelmes kétélű fegyvernek nevezi, mely az ellenséget rendkívül represszáliákra kényszerítheti. »Hogy az ellenséget, mely határainkat átlépte, mondá d’Henret ezredes, az egész vonalon, minden lépten-nyomon szárazföldi torpedókkal fel lehetne tartóztatni vagy részben megsemmisíteni, úgy ez ellen semmi kifogásom sem lenne, de mi történik, ha a torpedók felrobbanása után, mely 2-3 ezer embert megöl, a többi aztán annál nagyobb dühvel támadja meg a védtelen népet; mi történik, ha az ellenség utászai a torpedók kihányása után ezeket most a mi veszedelmünkre másutt lerakják? Én a földi torpedót nem tartom lovagias fegyvernek, és használatát semmi szín alatt, de különösen nyílt harcztereken, meg nem engedném.«

A hajóhad vértezett oldalai maholnap nem állhatnak ellen a légszeszszel működő Armstrong, vagy egyéb ágyúknak, s így a torpedók kétes használata magától el fog esni. Mostanáig csak azért tartották fenn magukat a hadviselés céljaira szolgáló találmányok

<sup>462</sup> F. G.: A Whitehead-féle torpedók. *Ludovica Academia Közlönye*, 4. (1877), január. 1–6.

<sup>463</sup> Sámi Lajos: A torpedók az újabb kor háborúiban. *Vasárnapi Újság*, (1877), 26. 403–407.

<sup>464</sup> A torpedó. *Háború Krónika*, (1877), 6. 47–48.

<sup>465</sup> Egy torpedó-gyárban. *Háború Krónika*, (1877). 344.

<sup>466</sup> Hadi Gyakorlat torpedókkal. *Háború Krónika*, (1878), május. 450–451.

<sup>467</sup> Torpedók a hadviselés szolgálatában (katonai munkatársunktól). *Vasárnapi Újság*, (1890), 8. 285.

sorában, mivel a vértezett és pánczélos hajóknak még a legerősebb aczéllhegyű ágyúgolyók sem tudtak véteni, s így a dynamit robbanó hatalmát kellett igénybe venni. Az új löfegyverek tetszés szerint fokozható hord- és beható ereje itt is egy újabb korszak kezdetét jelzi, melynek beálltával sok más fegyverrel és emberölő szerszámmal együtt a kétféle torpedó is el fog tűnni.

Egyelőre minden európai hatalmasságokéi közül alig van a világon kisebb-nagyobb hadsereg, melynek szertáiraiban torpedók ne lennének felhalmozva. De majd ezekkel is úgy tesznek, mint az osztrák-magyar sereg Wenzl-féle fegyvereivel, melyek még mielőtt használatba vétettek volna, már is lomtárba jutottak, és ezelőtt három évvel darabonként 57 krajczárjával Dél-Amerikába eladattak, habár beszerzési áruk 37 forintba került. A dél-amerikai apró köztársaságok mohón kaptak az olcsó és új puskákat, de miután ezekhez való töltényeket nem kaptak, s ilyeneket maguk készíteni nem tudnak, mégis rosszul jártak a portékával, melyet ravasz és ügyes angol kereskedő-ügynökök nyakukba sóztak. Így leszünk valószínűleg a fiumei Whitehead-féle torpedókkal, melyekért eddigelé sok százezer forintot fizetgettünk.”<sup>468</sup>

A katonai munkatárs jóslatai sem a légszesszel működő új, fantasztikus hatóerejű ágyúk térhódításával, sem pedig a szárazföldi és tengeri torpedók „lomtárba kerülésével” kapcsolatban nem váltak be. A történelem ennek az ellenkezőjét igazolta.

*A tengeri torpedók fejlődéséről Archibald Williams The Romance of Modern Invention* című, 1902-ben megjelent könyve<sup>469</sup> alapján közöltek egy cikket az *Uránia* folyóiratban 1904-ben.<sup>470</sup> Szerzője a bevezetőben a haditechnikai fejlesztések örök harcáról ezt írja. „A hadi találmányok felváltva a védelem és a támadás szolgálatában állnak. Hol a védelmi eszközt sikerül tökéletesíteni, hol meg a támadó fegyver erejét növelik. Ily módon találmány találmányt ér és a harczművészet mind meglepőbb forradalmakon megy keresztül. Manap a körül forog a kérdés, hogy mi fog hatékonyabbnak mutatkozni, a robbanószerek romboló hatalma-e, vagy a szívósság legmagasabb fokáig vitt fémlemezek ellenálló ereje?”<sup>471</sup>

A torpedók vonatkozásában a pillanatnyi állapotról a következők olvashatók. „Úgy látszik – és a japán-orosz háborúban a csemulpói tengeri csata<sup>472</sup> is bizonyította – hogy ez idő szerint a támadás előnyben van a védelem felett. Ha a hadihajókat a legkeményebb fémről készült, akár deciméternyi vastagságú lemezek fedik is, melyeken a legnehezebb bomba sem tud áthatolni, ha fedélzetökről akármily rettentő ágyúk szórják a halált és bármily vészdedzett tengerészek várják ott a harcot, tengeri csatáközben egyszerre csak a legváratlanabbul megsemmisítő csapás érheti a hajót oly oldalról, honnan lehetetlen

<sup>468</sup> Torpedók a hadviselés szolgálatában (1890): i. m. 287.

<sup>469</sup> Archibald Williams (1871–1934) angol műszaki újságíró, a Royal Geographical Society tagja. 1902-ben megjelent idézett könyvének reprint kiadásai ma is elérhetők a könyvkereskedők oldalain.

<sup>470</sup> D. M.: A torpedókról. *Uránia*, 5. (1904), 4. 168–171.

<sup>471</sup> D. M. (1904): i. m. 168.

<sup>472</sup> Az orosz–japán háborúban (1904–1905), még a hadüzenet előtt, a japán hadihajók 1904. február 6-án a csemulpói kikötőben két kisebb orosz hadihajót elsüllyesztettek. Február 9-én a Tógó admirális vezette japán flotta torpedótámadással Port Arthur külső kikötőjében három orosz hadihajót harcképtelenné tett. E kihívásra Oroszország még aznap hadat üzent Japánnak.



azt csak gyanítani is: a víz színe alól. Ha több deciméternyi pánczéllal lehetne az egész hajót fedélzetétől a hullámokat hasító éléig beborítani, a fém összelapulna, mint a pléh-skatulya, mihelyt a torpedó hatalmas lökése érné.”<sup>473</sup>

*Az orosz–japán háborúban a japánok által használt torpedókról* Az *Újság* c. lap számolt be az 1905. júniusi számában. „Japán számára már évek óta folyik a torpedók gyártása a Whitehead-féle gyárban. A japán hadi kormány most újabb rendeletet tett kétszáz darab torpedóra. A gyártást két japán tengerészmérnök ellenőrzi, a ki a kész tengeralatti lövegeket az elszállítás előtt a bergudii öböl mellett levő kísérletező tengerrészen kipróbálja. Oroszország is nagyobb rendeletet tett most a Whitehead-gyárban. Százhatvan hetedfél méteres torpedó sürgős elkészítését kívánja. Jelenleg Németország, Hollandia, Olaszország számára, valamint a mi haditengerészetünknek is készülnek torpedók. Franciaország az ősszel fog újból nagyobb megrendelést föladni. Ezzel kapcsolatban megemlíthető, hogy a csuzimai tengerszorosban lefolyt ütközetben a fiumei Whitehead-féle torpedó gyárban készült torpedók adták meg a kegyelemdőfést az orosz armádiának.”<sup>474</sup>

A fiumei Whitehead-torpedógyárban tett látogatásról a *Magyar Mérnök* hasábjain olvashattak az érdeklődők fényképekkel illusztrált tudósítást 1911-ben.<sup>475</sup>

Ugyancsak a torpedókról írt egy részletes tanulmányt *Leindenfrost Gyula* a Magyar Adria Egyesület Közlönyében, a *Tengerben 1914-ben*.<sup>476</sup> A szerző a torpedók és a hadihajók csatájában a nagy csatahajók mellett teszi le a voksát. „Az ellenség nagy harci egységeit aránylag olcsó eszközzel, a torpedóval megsemmisíteni valóban nagy perspektívát tárt az új találmány elé. Különösen a kisebb tengeri hatalmak, melyek budgetje nagyobb egységek építését nem engedte meg, fogadták felcsigázott reményekkel. A flotta-programmok egyszerre nagy tömegben irányozták elő az apró torpedónaszádok építését. A torpedószerkesztés fejlődésével csakhamar emelkedett a naszádok tonnatartalma is, ami viszont azzal a hátránnyal járt, hogy a naszádok szembetűnőbbek lettek. A torpedók elleni védekezés teremtette meg a torpedórombolókat is s ezek érlelték meg lassankint tengeralattjáró hajók ideáját. Érdekes, hogy az utóbbiak fejlődésében ma már szintén elérkeztünk a tonnatartalom nagyobbitására irányuló törekvésekhez.

A torpedóhoz fűzött vérmes remények nem váltak be. A hadi flották főtényezői ezentúl is a nagy csatahajók maradtak. A torpedók azonban mégis hatalmas támadó fegyverek, amelyek helyesen alkalmazva a nagy csatahajók vesztét okozhatják s ezért valamennyi haditengerészet nagy gondot fordít konstrukciójuk és taktikai alkalmazásukra. Helyesen mondja Wittmer, hogy a torpedók olyanok, mint a mérges rovarok, amelyek veszedelmesek a teremtés urára, az emberre, de amelyek ellen védekezni tud. A torpedók elleni védekezés azonban a technika csodálatos fejlődésével hova tovább igen nehéz lesz.”<sup>477</sup>

<sup>473</sup> D. M. (1904): i. m. 168–169.

<sup>474</sup> Fiumei torpedók a csuzimai csatában. *Az Újság*, (1905), 159. 8.

<sup>475</sup> A fiumei Whitehead-torpedógyár. *Magyar Mérnök*, (1911), 46. 576–580.

<sup>476</sup> Leindenfrost Gyula: A torpedó. *Tenger*, 4. (1914), 6. 339–348.

<sup>477</sup> Leindenfrost (1914): i. m. 348.

Zárógondolatai is bizakodók az ország háborús reményeit illetően. „A most folyó világháború tengeri küzdelmeiben bizonyára nagy szerepe lesz a torpedóknak is. Mi bízva nézünk e küzdelem elé is: torpedó-flottánk erejét érezni fogják a betolakodott ellenséges hajók, amelyekre csatornáink útvessztőiből százféle veszedelem leskelődik. Ez a háború biztosan szolgáltat majd adatokat a torpedók harcászati értékének pontosabb megismeréséhez is. S miután a modern torpedó többé nem számít a véletlenre, megjósolhatjuk, hogy ez az érték igen magasnak fog találtatni.”<sup>478</sup>

Leindenfrost nagy csatahajókba vetett bizalma 1918. június 10-én hajnali 3 órakor vált köddé. A Premuda-sziget magasságában a Luigi Rizzo vezette olasz torpedóvető motorcsónak két torpedója eltalálta a *Szent István csatahajót*, amely mintegy két és fél óras küzdelem után felborult és elsüllyedt. A 152 m hosszú, 27,3 m széles, 20 013 tonnás csatahajót, amelynek az oldalát 280 mm vastag páncél védte, egy mindössze 16 m hosszú, 3 m széles, 8 tonna vízkiszorítású MAS torpedóvető motorcsónak 2 db 450 mm-es, egyenként 150 kg robbanóanyagot tartalmazó *Whitehead-torpedóval pusztította el*.

A hazai katonai szakirodalomban még két cikk foglalkozott a torpedókkal. Horváth János a *Haditechnika* folyóiratban írt a Lupis–Whitehead-torpedó fejlesztéséről 1989-ben.<sup>479</sup>

Ugyancsak a *Haditechnika* jelentette meg Bak József beszámolóját *Washington hadtörténelmi emlékeiről*,<sup>480</sup> amelyben egy érdekes rúdtorpedónaszádról ezt olvashatjuk: „A polgárháború érdekes résztvevőinek számítottak a déliek által épített DAVID-ek,<sup>481</sup> melyek a torpedónaszádok és tengeralattjárók keverékének tűnnek. A kis, mindössze 15 tonna vízkiszorítású hajók ugyan nem tudtak a víz felszíne alatt haladni, de képesek voltak ellenséges hajók közelében annyira lemerülni, hogy csak keskeny kéményük és megfigyelőállásuk látszott ki a vízből. Fegyverzetüket a hajóorról kinyúló rúd végén elhelyezett, ütközésre robbanó szerkezet képezte, mely a rúdtorpedó (spartorpedo) megnevezést kapta. A DAVID-ek nem sok bajt okoztak az északiak flottájának, ugyan pl. 1863. október 5-én sikerült az északi NEW IRONSIDES fregattot megrongálniuk, de a rúdtorpedók kis robbanóereje általában nem tudott végzetes sérülést okozni a nagyobb hajókon.”<sup>482</sup>

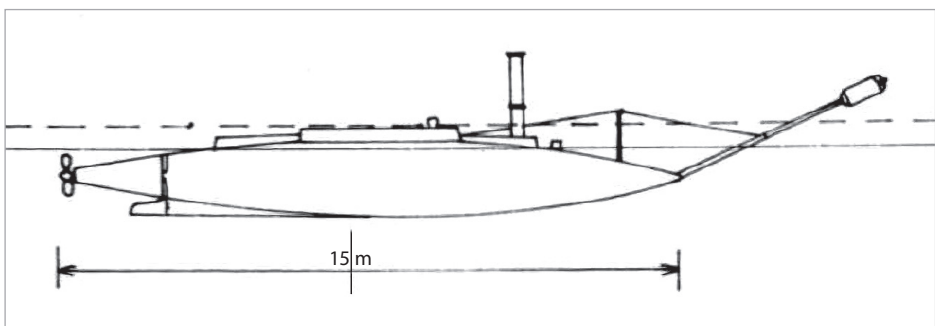
<sup>478</sup> Leindenfrost (1914): i. m. 348.

<sup>479</sup> Horváth János: A Lupis–Whitehead torpedó fejlesztése. *Haditechnika*, 23. (1989), 1. 44–46.

<sup>480</sup> Bak József: Washington hadtörténelmi emlékei. *Haditechnika*, 31. (1997), 2. 52–55.

<sup>481</sup> A déliek által épített szóban forgó hajók kicsinységük miatt kapták a DAVID típusmegjelölést, a Dávid és Góliát bibliai történetre utalva, és feltételezve azt, hogy a DAVID-ek képesek lesznek a nagy (Góliát-szerű) északi hajókat legyőzni.

<sup>482</sup> Bak (1997): i. m. 53.



16. ábra: Az Intelligent Whale (1865) rúdtorpedós hajó

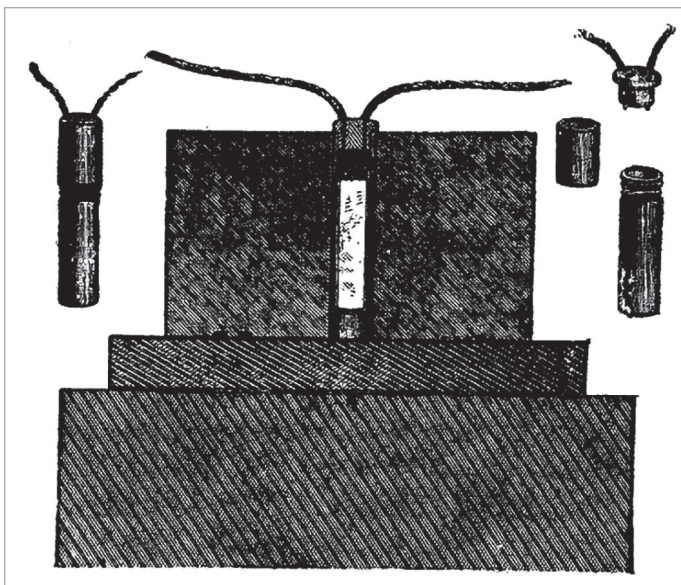
Forrás: Bak (1997): i. m. 53. 4. ábra.

### 3.2. Kumulatív töltetek – a Munroe-effektus

Az előző alfejezetben nem véletlenül foglalkoztunk a torpedókkal, mert mint már annyiszor a technika történetében, itt is egy véletlennek köszönhetően „talált fel” valaki valami váratlan újdonságot. Az acéltestű hadihajók ellen alkalmazott rúdtorpedók, majd a Whitehead-torpedók egyik fő problémája a viszonylag csekély mennyiségű robbanóanyag-töltet volt. Ezért kezdődtek mindenhol intenzív kutatások a minél nagyobb hatóerejű, torpedókban alkalmazható robbanóanyag-töltetek keresésére. A feladat nem volt egyszerű, hiszen a csatahajók burkolata már a kezdetekben is meghaladta a 10 cm vastagságot, és ez rohamosan növekedett. A Drednought vízvonali falvastagsága 1906-ban már 28 cm volt, akárcsak a Szent István csatahajóé, hogy aztán a II. világháborúban például a német Bismarck vagy a Tirpitz esetén ez elérje a 32 cm-t. A fent jelzett „csoda” Amerikában történt.

#### 3.2.1. A Munroe-effektus és a kumulatív töltetek fejlődése a II. világháború végéig

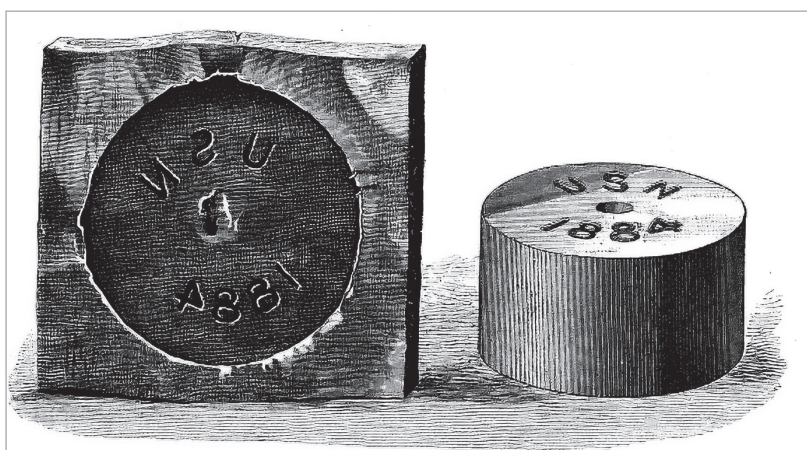
Az amerikai kémikus, *Charles Edward Munroe* 1874 és 1886 között Annapolisban tanított az USA Haditengerészeti Akadémiáján. Innen hívták meg mint a robbantások terén is elismert szakértőt Newportba (Rhode Island), az *USA Haditengerészeti Torpedó Intézetébe*, ahol 1888-ig dolgozott, többek között torpedók harci töltetének fejlesztésén. Egy alkalommal egy, a Haditengerészetnél rendszeresített *lőgyapot (nitrocellulóz) töltetet* robbantott nagy vastagságú fémlemezen.



17. ábra: Munroe acéllemez-robbantási kísérlete

Forrás: Charles E. Munroe: Modern Explosives. Scribner's Magazine, 3. (1888). 567.

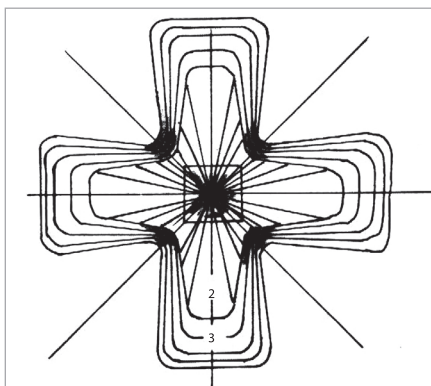
A töltet tömege nem volt elégséges a lemez átlukasztásához, viszont azt tapasztalták, hogy a henger alakú préstestbe belenyomott azonosító betűk és számok (USN 1884) lenyomata megjelent a lemezen (18. ábra). A további kísérletek megerősítették a tapasztalatot: a robbanóanyag helyi hatása megnövekedett az üregek irányában. A szakirodalom egy részében ennek alapján nevezik a kumulatív hatást *Munroe-effektusnak* (egyes helyeken Monroe néven szerepel).



18. ábra: Munroe kísérlete

Forrás: Munroe (1888): i. m. 574.

A robbantástechnikával foglalkozó szakemberek már a 19. században rájöttek arra, hogy a robbanóanyagokból képzett külső (rátett v. ráhelyezett) töltetek robbanásakor a robbanási energia jelentős része elvész a környező közegben. Pontosabban: a keletkező lökőhullám nem csak a felrobbantandó objektumra fejt ki hatást, hanem – a töltet formájától függő mértékben – a teljes környezetben. A lökőhullám intenzitása csökkent a robbanás epicentrumától való távolodása során, mégpedig a töltet alakjától függően különböző irányokban, különböző mértékben. Munroe kísérlete világított rá arra, hogy a robbanóanyag-töltetek alakja befolyásolja a töltet céltárgyra kifejtett hatását. Megállapították, hogy a robbanás során keletkező gáztermékek terjedése a legintenzívebben és a távolodás arányában a legkisebb csökkenéssel a töltet oldalfalaira merőlegesen történik. Ugyanakkor a sarkok felé közeledve az intenzitás jelentősen csökken. Egy kocka alakú összpontosított töltet robbanásakor például a 19. ábrán látható módon megy végbe a robbanás, ennek következtében kialakul az ilyen formájú összpontosított töltetekre jellemző, kereszt formájú robbanásigáztermék- és lökőhullám-terjedési alakzat.

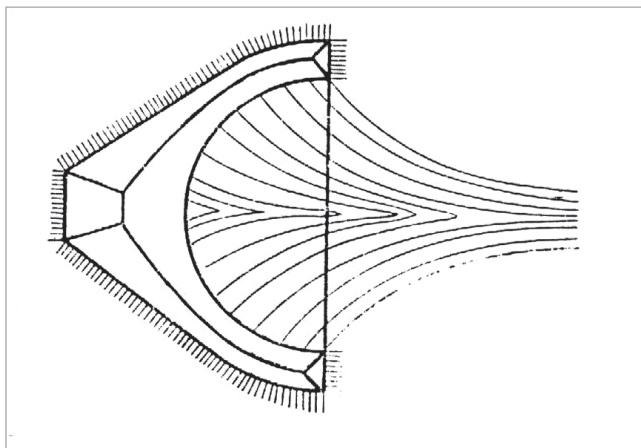


19. ábra: A robbanási gáztermékek kiterjedése és a lökőhullám kialakulása az összpontosított töltet közvetlen környezetében (1 – töltet; 2 – robbanási gáztermékek; 3 – lökőhullám)

Forrás: T. M. Szalamahin: *Osznovi modelirovanija i bojevaja effektivnoszt zarjadov razrusenija*. I. rész. Moszkva, Kujbisev Katonai Műszaki Akadémia, 1984. 70. 3.1.1. ábra.

A Munroe-effektus lényege tehát az, hogy ha a robbanóanyagba üreget, mélyedést készítenek, akkor a töltet robbanása során ezen a helyen a robbanási gáztermékek összetartó áramlása következik be a fentebb bemutatott törvényszerűség alapján, amennyiben a robbanási gáztermékek a töltet oldalfalára merőlegesen mozdulnak el. Ebben az összetartó áramlásban a robbanási gáztermékek sűrűsége az összetartás függvényében megnövekszik. Ezzel együtt megnövekszik a töltet romboló hatása is, de csak akkor, ha az összetartó sugár kialakulásának időpontjában nem kerül elébe semmilyen akadály, továbbá ha a környező közeg sűrűsége jelentősen kisebb a robbanási gáztermékek sűrűségénél. Ebből következően ilyen hatás csak akkor figyelhető meg, ha a töltet robbanása a szabad levegőn vagy erősen ritkított közegben következik be. Víz vagy föld alatti robbantásnál a környező közeg megakadályozza az összetartó robbanásigáztermék-sugár kialakulását.

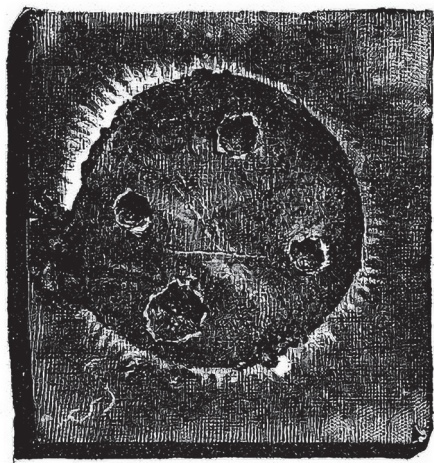




20. ábra: A robbanási gáztermékek áramlása bélés nélküli kumulatív töltet esetén

Forrás: Szalamahin (1984): i. m. 71. 3.1.2. ábra.

Munroe a tapasztaltak alapján elkezdett kis átmérőjű bemélyedéseket készíteni a tölteten, és ezeket robbantotta. Az egyaránt  $\frac{1}{4}$  inch (0,63 cm) átmérőjű töltetek  $\frac{1}{3}$  inch (0,83 cm),  $\frac{1}{4}$  inch (0,63 cm),  $\frac{1}{2}$  inch (1,27 cm) és  $\frac{3}{4}$  inch (1,9 cm) mélyek voltak, és az alábbi eredményeket hozták.

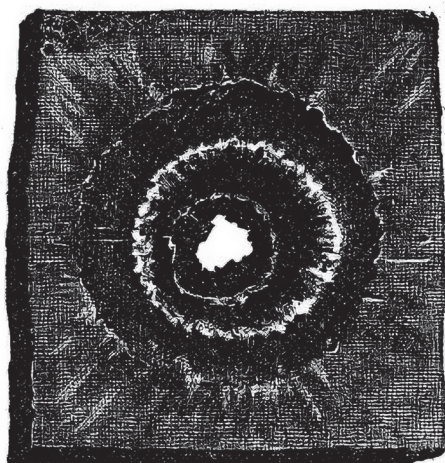


21. ábra: Munroe kis méretű kumulatív töltet-kísérletei

Forrás: Munroe (1888): i. m. 575. Fig. 1.

Ezt követően a 2 inch (5,08 cm átmérőjű), 1 inch (2,54 cm,) mély töltetek már átlukasztották ugyanazt a lemezt.





22. ábra: Munroe kumulatív töltete átlukasztotta a fémlemezt

Forrás: Munroe (1888): i. m. 575. Fig. 2.

1894-ben Munroe elkészítette az *első fémnéléses kumulatív töltetet* is, dinamittal burkolva be egy üreges bádogdobozt,<sup>483</sup> de további fejlesztést nem végzett ezen a téren, és ez a felfedezése feledésbe merült a következő 44 évben.

A kumulatív töltetekről nem találunk közleményt a magyar katonai szakirodalomban a II. világháború végéig. A fejlesztések viszont nem álltak meg, ahogy erről Lukács László 2010-ben írt cikkében olvashatunk.<sup>484</sup>

A homlokfelületén üregesen kiképzett és az ellenkező végén iniciált töltetek hatását M. Neumann (1911) és Egon von Neumann (1914) német kutatók tisztázták alapos kísérletekkel. Ezért a robbanás irányított hatásának elvét Németországban *Neumann-effektus* néven említik. M. Neumann kutatásai alapján szabványosította a kumulatív töltet készítési eljárását a Westfälische Anhaltische Sprengstoff Actien Gesellschaft (WASAG) 1911-ben Németországban, 1912-ben pedig az Egyesült Királyságban.

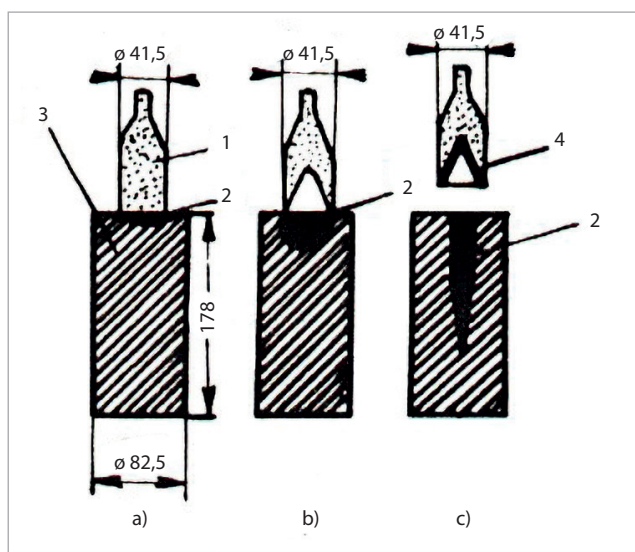
A kumulatív töltetek kutatása lendületet kapott más országokban is: az Egyesült Királyságban Arthur Marshall (1915–1920), majd Payman és Woodhead (1935–1937), az Amerikai Egyesült Államokban Charles Watson (1921–1925), majd prof. R. W. Wood (1936), Oroszországban M. Szuharevszki (1925–1926), Olaszországban D. Lodati (1932)

<sup>483</sup> Arran Gordon: *Explosive Applications for Industry and Defense*. Havoc Industries Pty Ltd. 2006. október 19.

<sup>484</sup> Lukács László: A kumulatív töltetek és gyakorlati alkalmazásuk. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20. (2010), 1–4. 175–198.

folytattak kísérleteket, és jelentettek meg tanulmányokat a kumulatív töltetekkel kapcsolatban.<sup>485</sup>

1939-ben a szintén német *Franz Rudolph Thomanek* újból felismeri Munroe fentebb említett megfigyelését, hogy az irányított hatás növelhető, ha az üreg belső felületét *fémbeállással* borítják (ezt már a fenti WASAG szabvány is említi). További lépést jelentett annak felismerése, hogy a hatásfok növelhető, ha a töltetet nem magára a robbantandó tárgyra, hanem attól meghatározott távolságra, az úgynevezett fókusz távolságra helyezték (23. ábra). A bemutatott kísérletnél, az a) ábrán látható töltetben 150 g pentritol<sup>486</sup> robbanóanyag volt, míg az azonos befoglaló méretekkel rendelkező b) ábra töltetében csak 115 g. A c) ábra töltetét a b) szerint készítették elő azzal a különbséggel, hogy a kumulatív kiképzést egy 0,6 mm vastagságú acéllemezzel bélelték ki, és magát a töltetet az optimális „fókusz távolságra” elemelték a céltárgytól.



23. ábra: A kumulatív töltetek fejlődése

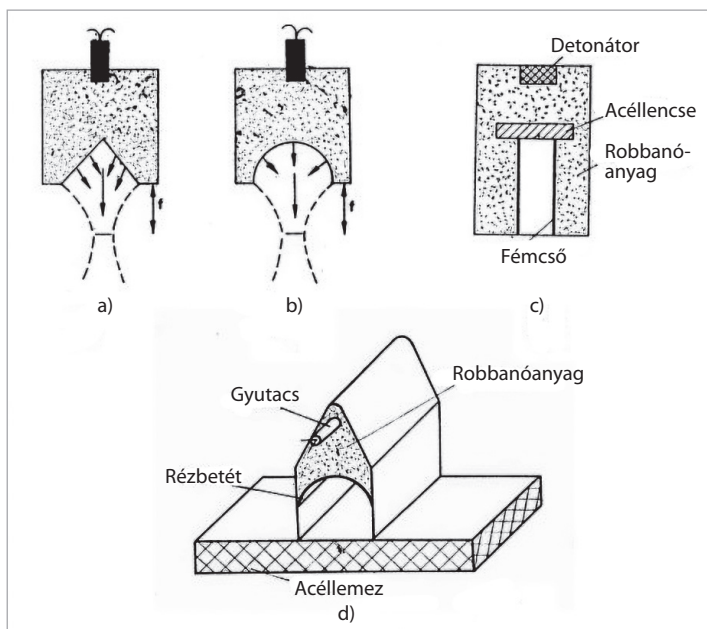
Forrás: Andrejev–Beljaev (1965): i. m. 665. 9.15. ábra.

A különböző országokban folyó kutatások eredményeként felfedezték, hogy különböző fémeket alkalmazva betétanyagként, ugyanazon tömegű és kialakítású kumulatív töltetnél más-más hatás érhető el. A kísérletek azt is bizonyították a továbbiakban (lásd a 24. ábrát), hogy nemcsak a kúpos kialakítású (a) üreges töltetek robbanásakor figyelhető meg a kumulatív hatás, hanem félgömb alakú (b), sőt hengeres üregek esetén (c) is. Végezetül bebizonyosodott az is, hogy a kumulatív hatás nemcsak összpontosított

<sup>485</sup> Donald R. Kennedy: *History of the Shaped Charge Effect – The First 100 Years*. Originally prepared for presentation at the 100th Anniversary of the Discovery of the Shaped Charge Effect By Max Von Foerster, observed at MBRR Schrobenhausen, West Germany, 20–22 September 1983.

<sup>486</sup> Nitropenta és trotil keverék robbanóanyag.

(koncentrált) töltetek esetén érhető el, hanem nyújtott, úgynevezett lineáris vágótölteteknél is (d).



24. ábra: Kumulatív töltettípusok

Forrás: Bohus–Horváth–Papp (1983): i. m. 51., 54. 2.20.; 2.25.; 2.26. ábrák alapján.

A kumulatív töltetek fejlesztése a II. világháború előtt a páncéltörő fegyverek irányába mozdult el. 1935-ben egy svájci vegyészmérnök, *Henry Hans Mohaupt* zürichi laboratóriumában egy olyan fegyver fejlesztésébe kezdett, amelyet a gyalogos katonák eredményesen alkalmazhatnának a páncélvédett harcjárművek ellen. A megoldást a Munroe-effektus elvén működő lőszerben látta. Az 1935–1939 között végrehajtott fejlesztések eredményeként Franciaország és Nagy-Britannia is belefogott saját, hasonló célú fejlesztésébe. Az első kumulatív elven működő tüzérségi lőszer az 1940 májusában rendszeresített brit No 68 100 mm-es gránát volt. Sajnos a páncélatütő képessége csak 50 mm volt, ami kevésnek bizonyult már az akkori német harckocsik ellen is.

1940-ben a háború kitörése után Mohaupt meghívást kapott az Amerikai Egyesült Államokba, ahol vezetésével elkezdődött egy vállról indítható, reaktív töltettel célba juttatott kumulatív páncéltörő fegyver fejlesztése, a *Bazooka projekt*.<sup>487</sup>

<sup>487</sup> Az elnevezést egy akkoriban népszerű amerikai komikus, Bob Burns házi készítésű fűvós hangszeréről (pozan) kapta, amely tölcsér alakú végződésekkel ellátott csődarabokból állt, és valóban hasonlított egy rakétavető szerkezetre. (Kennedy [1983]: i. m. 11. alapján)



25. ábra: Bazooka vállról indítható kumulatív páncéltörő fegyver

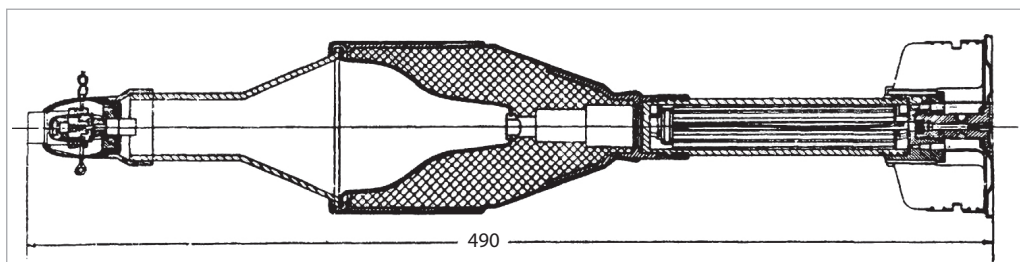
Forrás: National Archives. Washington, D. C. Online: <https://picryl.com/media/soldier-holding-a-bazooka>

A mintegy 150 mm hosszúságú, vállról indítható páncéltörő fegyvert *1941-ben Észak-Afrikában* vetették be először a britek. A 60 mm átmérőjű, 1,6 kg tömegű rakéta a benne rejlő 225 g-os pentolittöltettel<sup>488</sup> mintegy 5 inch (120–130 mm) vastag páncéllemez tudott átütni. A háború ideje alatt az amerikai hadiipar 441 ezer Bazooka kilövőt és hozzá 15 millió harci töltetet gyártott.<sup>489</sup>

Nem maradt le a fejlesztéssel Németország sem. A német hadsereg először az *1943-ban kifejlesztett Panzerfaust 30* típusú rakéta páncéltörőket vetette be a szovjet harckocsik ellen. A kiváló páncélatütő képességű (max. 200 mm) első modell gyenge oldala a kis teljesítményű rakétahajtómű volt, amely csak 30 m távolságig volt képes kilőni a töltetet. A továbbfejlesztett változatok már 60, majd 100 m hatótávolsággal rendelkeztek. Az utóbbi, 1944 novemberében hadrendbe állított fegyverben már mintegy 1,6 kg tömegű, magas hatóerejű robbanóanyagból képzett kumulatív töltet volt. Ugyancsak *1943-ban* jelent meg a német hadseregben a *Panzershreck (Páncélrém)* néven ismertté vált, szintén kumulatív töltetet hordozó páncéltörő fegyver (26. ábra). Egyes vélemények szerint az amerikai Bazooka másolata volt, amelyből 1942-ben a Szovjetuniónak is szállítottak segélyként, és néhányat sikerült belőlük a német csapatoknak zsákmányolniuk. A 150 m-ig hatásos fegyver 200 mm vastagságig volt képes átütni a páncélt.

<sup>488</sup> Nitropenta-trotil keverék robbanóanyag.

<sup>489</sup> James R. Chiles: *From Bazookas to RPGS. Invention & Technology*, 2009. április 27.



26. ábra: Panzerschreck

Forrás: Kennedy (1983): i. m. 98.

Ugyancsak a II. világháború alatt a németek készítették a világ mindmáig legnagyobb tömegű kumulatív töltetét, a *MISTEL*-t. A 2 m átmérőjű, 3500 kg össztömegű, 1720 kg robbanóanyagot tartalmazó löszert egy átalakított Ju-88-as bombázó orr-részt szerelték azzal a céllal, hogy a szövetségesek nagy méretű hadihajóit, illetve völgyzáró gátakat támadjanak vele. Alkalmazására azonban csak elvétve került sor, akárcsak a japánok valamivel kisebb, kamikazerepülőkre tervezett löszere, a *SAKURA* esetében.

A kézi páncélelhárító fegyverek II. világháború alatti fejlődéséről Bimbó István és Rusai-Endrész Aranka 2016-os, a *Katonai Logisztika* folyóiratban megjelent cikkében olvashatunk részletes információkat.<sup>490</sup>

A fejlődés innentől megállíthatatlan volt. A kumulatív tüzéségi és reaktív páncélelhárító töltetek mellett számtalan kumulatív harcjármű elleni akna, építményromboló műszaki töltet, sőt kézigránát is készült és készül ma is világszerte.

A robbanás irányított hatásának a mind tökéletesebb megismerését, valamint a fejlesztéseket nagymértékben fellendítette a röntgenimpulzus-elven történő fényképezés<sup>491</sup> alkalmazása (az első úttörők, 1941: Seely – Amerikai Egyesült Államok; Tuck – Egyesült Királyság; Schumann, Schardin – Németország).<sup>492</sup>

A kumulatív hatás hidrodinamikai elméletének kidolgozója Birkhoff és munkacsoportja volt 1948-ban.<sup>493</sup> A felismerést a jet és a céltárgy közötti kölcsönhatás vizsgálata eredményezte: ennek során a kumulatív jet akadályba ütközve azt deformálja. A jet rendkívül nagy mozgási sebessége és az emiatt kialakuló nyomás miatt az akadállyal való kölcsönhatása ideális folyadékok kölcsönhatásaként fogható fel, erre pedig a hidrodinamika egyenletei alkalmazhatók. Magát az elvet *G. I. Taylor* fogalmazta meg először még 1943-ban, egyidejűleg Tuck és Birkhoff ez irányú kutatásaival. Hasonló eredményre jutott 1945-ben a német Schumann és Schardin. Az orosz Mihail Alekszejevics Lavrentyev

<sup>490</sup> Bimbó István – Rusai-Endrész Aranka: A kézi páncélelhárító fegyverek fejlődése a II. világháború alatt, különös tekintettel a páncéltörő puskákra. *Katonai Logisztika*, (2016), különszám. 42–87.

<sup>491</sup> Flash x-ray photographs.

<sup>492</sup> William Valters: A Brief History of Shaped Charges. In *24th International Symposium on Ballistics*. I. kötet. New Orleans, LA, 2008. szeptember 22–26. 3–10.

<sup>493</sup> Garrett D. Birkhoff – Duncan P. McDougall – Emerson M. Pugh – Geoffrey Taylor: Explosive with Lined Cavities. *Journal of Applied Physics*, 19. (1948), 6. 563–582.

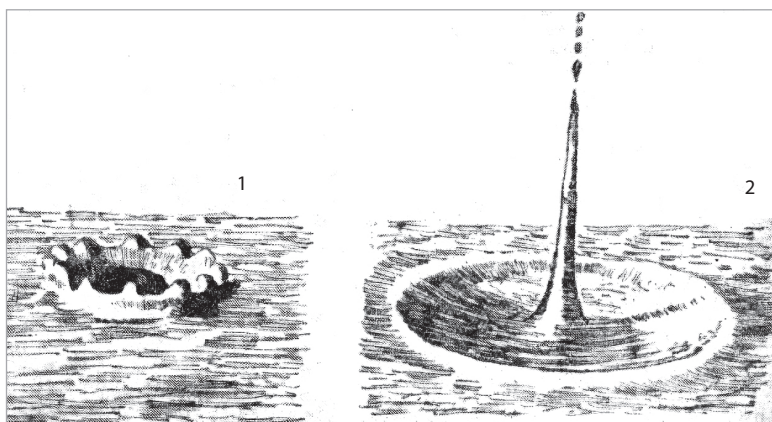


szintén sikeresen kutatta ezt a problémát, kidolgozva a béléses kumulatív töltetek hidrodinamikai elméletét, amelyben a bélés anyagát összenyomhatatlan folyadéknak tekintette.

### 3.2.2. Kumulatív töltetekről szóló katonai szakcikkek 1945–1990

A II. világháború végéig nem jelent meg kumulatív töltetekkel foglalkozó cikk a magyar katonai szakfolyóiratokban annak ellenére, hogy – amint erről a későbbiekben szólunk – ilyen haditechnikai fejlesztések, sőt harceszközgyártás is folyt az országban.

1956-ban Szeberényi István hadnagy viszont egy nagyon alapos cikket írt a *Honvédségi Szemlébe a kumulatív robbanás elméletéről*.<sup>494</sup> A kumuláció elvét egy egyszerű példán keresztül szemlélteti. „A kumuláció legegyszerűbb esetét már egész egyszerű kísérletnél is megfigyelhetjük. Amikor pl. egy kavicsot függőleges irányban egy bizonyos magasságból vízbe ejtünk, megfigyelhetjük, hogy a kavics a vízben üreget képez maga mögött, amely mindjárt összezáródik. Összezáródáskor a kimozdított vírzecskék (amelyeknek a vízbe hulló kavics átadta a mozgási energiájának nagy részét) hevesen összecsapódnak. Az összecsapódás következtében nyomás keletkezik, és a nyomás hatására a vízsugár fölfelé szökken, amely néha magasabbra emelkedik, mint ahonnan a kő a vízbe esett [27–28. ábra]. [...] A kumulatív töltet robbanásakor lejátszódó jelenség is hasonló ehhez a jelenséghez.”<sup>495</sup>



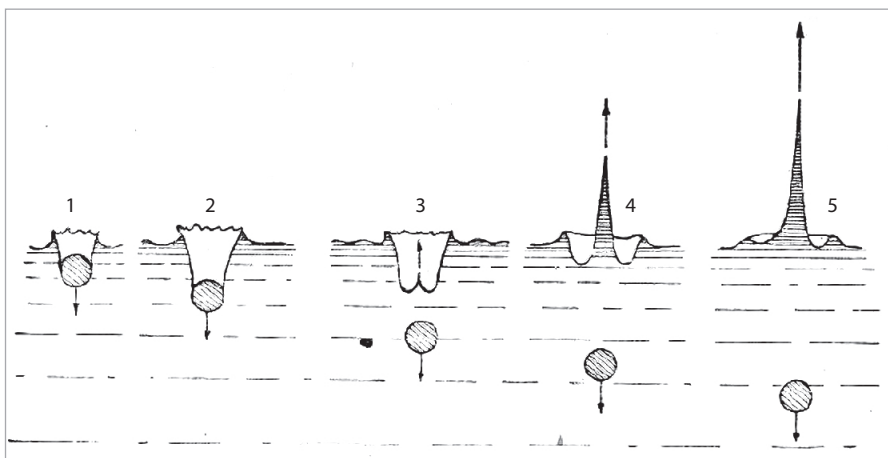
27. ábra: Kő becsapódása a víz felszínére

Forrás: Szeberényi (1956a): i. m. 141. 1. ábra.

<sup>494</sup> Szeberényi István: A kumulatív robbanás elmélete. *Honvédségi Szemle*, (1956a), 6. 141–144.

<sup>495</sup> Szeberényi (1956a): i. m. 141.

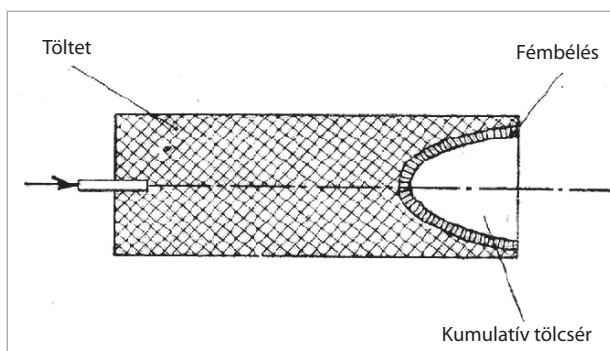




28. ábra: Kő vízbe csapódása és annak hatása

Forrás: Szeberényi (1956a): i. m. 142. 2. ábra.

A következőkben a kumulatív töltet szerkezeti felépítését mutatja be. „A töltet abban tér el a geometriai formáktól, hogy egy kúp alakú üreggel rendelkezik, amely üreget kumulatív üregnek, vagy kumulatív tölcsérnek is szokás nevezni. A kumulációhoz szükséges üreg azonban lehet paraboloid, gúla, harang, félgömb stb. kiképzésű, a lényeg csak az, hogy olyan geometriai formájú üreget képezzünk ki, amely a robbanási energiát irányítani (fókuszálni) tudja. A kumulatív tölteten találjuk a gyutacsot és a detonátort – mint bármely más töltetnél – melyeknek tengelyük a kumulatív üreg tengelyével egybeesik.”<sup>496</sup>



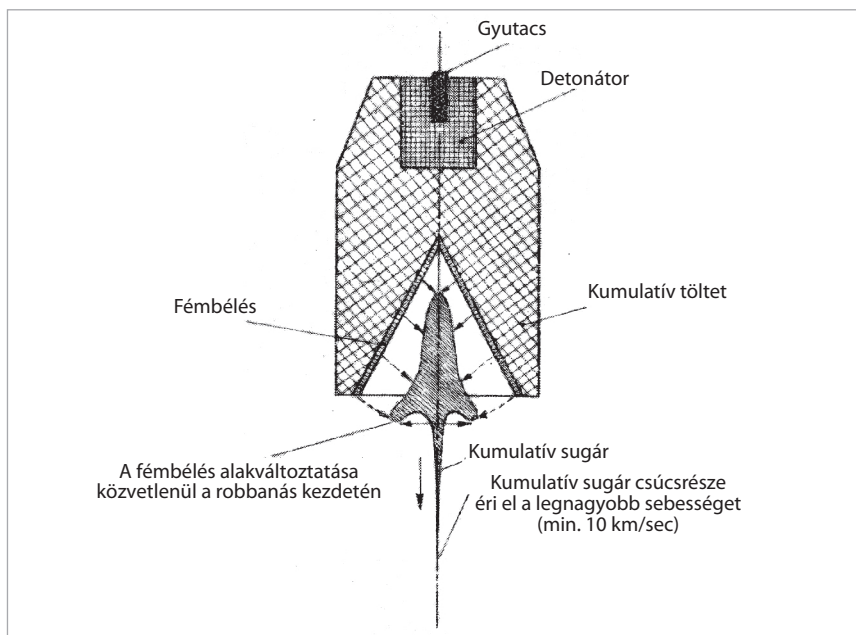
29. ábra: A kumulatív töltet felépítése

Forrás: Szeberényi (1956a): i. m. 142. 3. ábra.

Ezt követően nagyon pontos leírást olvashatunk a kumulatív töltet működéséről. „A töltet felrobbanásakor a fellépő gáznyomás következtében a kumulatív üreg felszínén

<sup>496</sup> Szeberényi (1956a): i. m. 142.

elhelyezkedő fém bélésre hatalmas nyomás hat a robbanás terjedésével egy irányban, a kumulatív kúp palástjára pedig merőleges irányban. Ez az erő a fémbélest igyekszik összepréselni és a kúp hossz-tengelyének irányába elmozdítani. Az összeszoruló bélés bezáródása a kúp csúcspontjánál kezdődik, majd a robbanás előre haladtával a palást irányában folytatódik. Az összeszoruló bélés végén egy törölköző rúddá préselődik össze és ezzel hatalmas kinetikus energiára tesz szert. A fémrészecskék összepréselése következtében hatalmas nyomás lép fel. Ez a folyamat hasonló a vízcseppek összeapadásához. A fellépő nyomás és a robbanási hőmérséklet hatására a bélés fémanyaga elveszti szilárdságát és fémugár alakjában, a robbanás sebességénél nagyobb sebességgel a kumulatív üreg hossz-tengelyének irányában elhagyja a töltetet. A fémugár (kumulatív sugár) a repülés ideje alatt – mivel nem minden részében azonos keresztmetszetű, ill. tömegű – elnyúlik. A kumulatív sugár nagyobb tömegű részei kisebb sebességük következtében leszakadoznak, csúcsrésze pedig – amely a legnagyobb kinetikus energiával rendelkezik – legalább 10 km/sec sebességgel a páncélnak ütközik. A kumulatív sugár sűrűsége és sebessége a töltettől egy bizonyos távolságban a legnagyobb értéket éri el a legkisebb sugár átmérő mellett. Ezt a helyet kumulatív fókuszsnak nevezzük. A fókuszsnak a töltettől mért távolságát pedig fókusz-távolságnak, vagy emelési magasságnak nevezzük.<sup>497</sup>



30. ábra: A kumulatív töltet működési elve

Forrás: Szeberényi (1956a): i. m. 143. 4. ábra.

<sup>497</sup> Szeberényi (1956a): i. m. 142–143.

„A kumulatív sugár a páncélhoz csapódva olyan magas nyomást (több millió kg/cm<sup>2</sup>) gyakorol, hogy a páncél az ütés helyén elveszti szilárdságát és folyadékként viselkedik. Ennek következtében a fémbe hosszú és keskeny rés keletkezik, amelyen a sugár egy része behatol a páncél által védett térségbe, egy része pedig felkenődik a rés falára. (Ez a jelenség a perforáció.) A behatolt sugárrészecskék kis meteorokhoz hasonlóan száguldanak a levegőben, miközben intenzíven égnek. Meggyújtják az üzemanyagot, felrobbantják a lőszert, és jelentős mechanikai rombolást visznek véghez. Láthatjuk tehát, hogy itt nincsen szó semmiféle páncélategetésről, mint ahogy azt sokan elképzelik, hanem a kumulatív sugár hatalmas kinetikus energiája következtében perforálja a páncélt. Természetesen itt a különböző hőhatások is érvényesülnek, de az átütésnél főszerepe a kumulatív sugárnak van. [...] Nem mindegy az sem, hogy a kumulatív töltet milyen távolságban robban a páncéltól, mivel a kumulatív sugár sebessége repülés közben a maximum elérése után erősen csökkenni kezd és végül megszűnik. A detonátor, a töltet és a kumulatív kúp hossz tengelye fontos, hogy egybeessenek, különben az eltorzult geometriai viszonyok következtében kis sebességű kumulatív sugár jön létre és így gyenge átütést kapunk.

Az átütő hatást nagyban befolyásolja még a kumulatív üreg mérete, illetve formája. A kumulatív üreg növelésével bizonyos mértékig növekszik az átütő hatás is. Ezért a kumulatív üreg átmérője lehetőség szerint olyan legyen, hogy megközelítse a töltet átmérőjét, a kumulatív üreg magassága pedig az átmérő másfél-két szeresét. A kumulatív bélés – anyagától függően – javíthatja vagy ronthatja az átütő hatást. Például a kartonbélés csökkenti az átütő hatást, az acélbélés pedig növeli. Minden egyes anyagnál figyelembe kell venni a bélés optimális vastagságát is, mert az optimálisnál kisebb vagy nagyobb bélésvastagság is csökkenti az átütést. Acél-béléseknél általában 1-2 mm vastagságot alkalmaznak.<sup>498</sup>

Érdekes gondolatokkal zárja a cikket a kumulatív lőszerekkel kapcsolatban. „Kumulatív lövedékeknél a lövedék forgómozgása szintén befolyásolja az átütést. Ez azzal magyarázható, hogy a kumulatív lövedék forgómozgásánál fellépő centrifugális erő következtében a robbanáskor a fókuszpontba irányuló robbanási termékek nem egy egyenes, hanem parabolapályát futnak be. Ennek következtében a fókusz nem egy pontot, hanem egy kör felületet képez, így a kumulatív sugár vastagabb lesz és az átütésre felhasználódó energia nagyobb felületen oszlik el, minek következtében az átütés mélysége csökken. Ezt az elméletet alátámasztja az is, hogy forgó kumulatív lövedéknél az emelési magasság – egy ugyanolyan súlyú és alakú álló kumulatív töltethez viszonyítva – csökken.”<sup>499</sup>

1960-ban a *Lobogó* folyóiratban jelent meg a *páncélelhárításban alkalmazható kumulatív lövedékekről* egy cikk.<sup>500</sup> Ebben a kumulatív hatás fentiekhez hasonló bemutatását követően a II. világháború alatt megjelenő gyalogsági páncélelhárító fegyverektől a páncélelhárító rakétákig terjedő fejlődésről ír röviden a szerző. „1943 táján jelentek meg először a különböző államok hadseregeiben a különböző kézi rakéta- és gránátvetők. Felépítésük hallatlanul egyszerű: mindkét végén nyitott fém cső, gyújtószerkezet,

<sup>498</sup> Szeberényi (1956a): i. m. 144.

<sup>499</sup> Szeberényi (1956a): i. m. 144.

<sup>500</sup> S. P.: A páncélelhárítás legkorszerűbb lövedékei, *Lobogó*, (1960), 43. 328.

irányzók. E kézi fegyverek tökéletesen megfeleltek a várakozásnak, olyannyira, hogy ma, a modern eszközök korszakában is a legtöbb hadseregnél ezt tekintik a legfőbb páncélelhárítónak. Páncélatütő képességük körülbelül 250-300 milliméter. A könnyűség és egyszerű kezelhetőség jelentette előnyök mellett fő hátrányuk a hatásos lőtávolság rövidege, amely a kis kezdősebességből adódik. 200-300 méternél távolabbra már nemigen használhatók. Hátrányuk még a nagy szórás és a kis tűzgyorsaság (3-5 lövés percenként) is.”<sup>501</sup>

A kumulatív töltetek tűzéségnél történő megjelenésével kapcsolatos kezdeti problémákról is olvashatunk. „Itt elsősorban a lőtávolság növelése volt a cél, ami azt jelentette, hogy nagyobb kezdősebességgel kellett kilőni a gránátokat. A nagy sebesség sok nehézséget támasztott, elsősorban a megfelelő gyújtószerkezet megalkotása terén. Olyan gyújtót kellett szerkeszteni, amely igen rövid idő alatt, a kumulatív betétet tartalmazó lövedékcsőcs szétesése előtt lép működésbe, hiszen ellenkező esetben a kumulatív hatás nem tud érvényesülni. (Kisebb sebességnél ez nem jelentett problémát.) Végül ezt a nehézséget is sikerült leküzdeni. A különféle harcokcsiknál, önjáró lövegeknél alkalmazott kumulatív lövedékek kezdősebessége a 800-900 m/mp-et is eléri, ami jelentős lőtávolság növekedést jelent. A második világháború végén megjelenő, s azóta egyre jobban elterjedő hátrasiklás nélküli lövegek, melyek a korszerű harcban is rendkívül fontos szerepet kapnak a hagyományos lövegeknél öt-tízszer kisebb súlyuk, könnyebb kezelésük és álcázhatóságuk miatt; tehát ezek a lövegek 2000-2500 méteres távolságból 400 milliméteres páncél átütésére képesek.

Ezek után természetes, hogy a kumulatív hatást felhasználták a legmodernebb fegyvereknél, a rakétáknál is. Az utóbbi években, több hadseregben is megalkották az irányított páncélelhárító rakétalövedéket, amelyet kumulatív töltettel láttak el. E lövedékeket vezetékekkel, vagy rádióval irányítják, s kilövésük történhet földről, gépkocsiról, helikopterről, sőt még repülőgépről is. Manapság ez a fegyver számít a páncélelhárítás legmodernebb eszközének. Hatásos lőtávolságuk attól függ, hogy huzallal, vagy rádióval történik-e irányításuk. A huzallal irányítottak 1000-1500 méterig, a rádióval irányítottak pedig 5000 méterig tüzelnek hatásosan; páncélatütő képességük körülbelül 300 milliméter.”<sup>502</sup> A cikk végén a kumulatív hatás aknában történő alkalmazhatóságát is megemlíti a szerző.

Az *Igaz Szó* szintén a páncélelhárítás eszközeként vizsgálja a kumulatív hatást egy 1962-ben megjelent cikkben.<sup>503</sup> A kumulatív töltet hatásának nagysága a szerző szerint „függ a robbanótöltet nagyságától, a lövedék fejrészének alakjától és az alkalmazott fém milyenségétől is. A kísérletek során szerzett adatok szerint, az ólom kumulatív folyási sebessége eléri a 35.000 m/mp is (a nyomás ebben az esetben 203 000 000 kg/cm<sup>2</sup>), a berillium elérheti a 90 000 m/mp folyási sebességet is.”<sup>504</sup> A hagyományos páncélgránátokhoz képest a következő előnyről ír: „Miután a kumulatív hatású lövedék

<sup>501</sup> S. P. (1960): i. m. 328.

<sup>502</sup> S. P. (1960): i. m. 328.

<sup>503</sup> K. B.: A páncélelhárítás korszerű eszköze. *Igaz Szó*, (1962), 24. 66–71.

<sup>504</sup> K. B. (1962): i. m. 70.

robbanásakor a páncélt nem a lövedék mozgási energiája üti át, alkalmazása nincs nagy kezdősebességhez kötve. Amíg egy hagyományos 85 mm-es páncélgránát 1000 m/mp kezdősebességgel 150 mm-es páncélt üt át, ezt egy hasonló ürméretű kumulatív töltet 300 m/mp kezdősebességgel is átüti.”<sup>505</sup> Ezáltal alkalmazhatók a kumulatív töltetek a reaktív fegyverekhez is.

Kovács Zoltán, a hadtudomány kandidátusa a *Honvédségi Szemlében* 1962-ben megjelent cikkében a kumulatív hatás kialakulásának elméletéről értekezik.<sup>506</sup> A bevezetőben tisztázza a kumulatív hatás fogalmát. „Ha egy robbanóanyagból készített préstestnek a gyújtószerkezettel szemben lévő felületét homorúra képezzük ki, majd a préstestet a gyújtószerkezettel felrobbantjuk, azt tapasztaljuk, hogy a robbanás hatása a préstest homorú oldalánál lényegesen nagyobb, mint a többi oldalaknál. Ezt a hatást kumulatív hatásnak nevezzük. (Az elnevezés a latin *cumulare*-gyűjt, halmoz szóból származik, arra célozva, hogy az üreg felhalmozza a robbanóanyag hatását.) Az ilyen, egyik oldalán homorúra kialakított robbanótöltetet kumulatív töltetnek vagy üreges töltetnek nevezzük.”<sup>507</sup>

A kumulatív hatás felfedezésével kapcsolatban utal arra, hogy már 1883-ban található erről írásos feljegyzés Max von Förster *Versuche mit komprimierter Schiessbaumwolle* c. munkájában, amelyben arról írt, hogy az üreges robbanótöltet nagyobb romboló hatást fejt ki, mint a tömör. Munroe-hoz hasonlóan ő is a nitrocellulóz robbanótöltetekbe préselt formák öntöttvas lemezeken megjelenő hatása alapján jutott erre a megállapításra.<sup>508</sup> Förster és Munroe felfedezése azonban a kezdetekben nem váltott ki áttörést az üreges töltetek fejlesztése, alkalmazhatóságának vizsgálata terén. „Az üreges töltet az 1930-as évekig semmit sem fejlődött. (Jellemző, hogy az első világháborúban egyáltalán nem használtak üreges töltetet.)”<sup>509</sup> Thomanek fent bemutatott 1938–1939-es kísérletei adtak újabb lökést az ez irányú (haditechnikai) fejlesztéseknek. „Azóta az üreges töltet komoly fejlődést ért el, második világháborúban már felhasználták, a háború után pedig megindultak a kutatások a jelenség elméleti tisztázására. Az első összefoglaló jellegű munka 1948. január 16-án jelent meg az amerikai Birkhoff, MacDougall, Pugh és Taylor tollából. Ők állították fel az alábbiakban általánosságban ismertetendő elméletet, melyet még azóta nem követett újabb, sőt, az eddigi kutatások ezt az elméletet igazolják, ill. ennek a hézagait igyekeznek kitölteni.”<sup>510</sup>

A továbbiakban először a béleletlen kumulatív töltet működését mutatja be. „A béleletlen üreges töltet robbanásakor a lökeshullám kúpja nemcsak a töltet külső, hanem a belső felülete mentén is kialakul. A kialakult viszonyokat a [31.] ábrán láthatjuk. A töltet ürege szimmetrikus, így a belső felületen képződő lökeshullámok a szimmetria tengelyében találkoznak. Geometriailag kiszakasztható, hogy a szimmetriatengelyben egymással

<sup>505</sup> K. B. (1962): i. m. 71.

<sup>506</sup> Kovács Zoltán: A kumulatív hatás. *Honvédségi Szemle*, (1962), 6. 99–103.

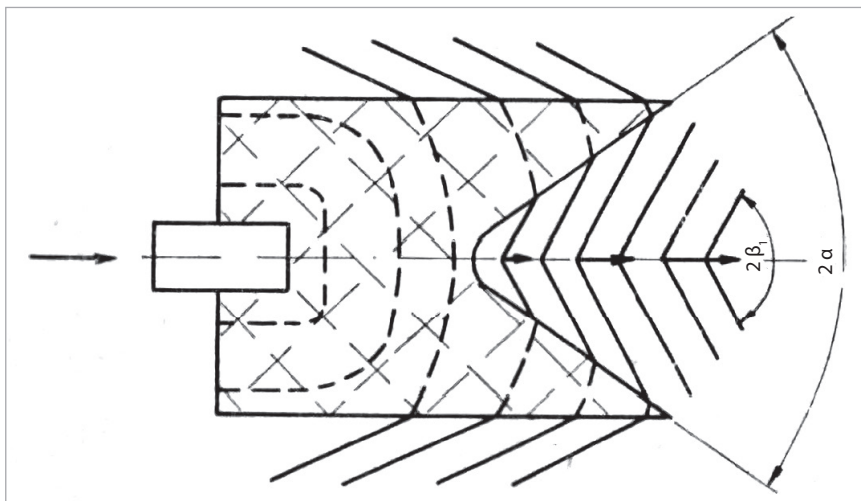
<sup>507</sup> Kovács (1962): i. m. 99.

<sup>508</sup> Emiatt német nyelvterületen a kumulatív hatást sok helyen a mai napig Foerster-effektusnak nevezik.

<sup>509</sup> Kovács (1962): i. m. 99.

<sup>510</sup> Kovács (1962): i. m. 99.

találkozó lökeshullámok felgyorsulnak. Ebből kifolyólag a szimmetriatengelyben a lökeshullám lényegesen nagyobb sebességű, s emiatt nagyobb energiájú lesz, mint a többi részen. Ez magyarázza meg azt a jelenséget, hogy a béleletlen üreges töltet is lényegesen nagyobb romboló hatást fejt ki, mint a tömör töltet.”<sup>511</sup>



31. ábra: Béleletlen üreges töltetben a lökeshullámok terjedése

Forrás: Kovács (1962): i. m. 100. 2. ábra.

A fém béléses üreges töltetek robbanásakor lejátszódó folyamatokat kísérleti eredmények alapján mutatja be. „Mérésekkel állapították meg, hogy amikor a bélés anyaga a szimmetriatengelyben felgyorsul, sebessége eléri a 10 000 m/mp-et is. A lökeshullám a töltet és a céltárgy (páncéllemez) között kb. 300 000 kg/cm<sup>2</sup> nyomást hoz létre. A fenti adatok birtokában könnyű belátni, hogy ekkora nyomáson bármelyik szilárd anyag folyékonnyá válik, sőt az hidrodinamikai szempontból ideális folyadéknak tekinthető. Éppen ezért a kumulatív töltet bélésanyagának átalakulási folyamatát a klasszikus hidrodinamika törvényei alapján vizsgálhatjuk. A lökeshullám maga előtt tolja a bélés anyagát. Mivel nem csak a robbanáskor keletkező gázokat, hanem a bélés anyagát is fel kell gyorsítani a robbanási energiának, a kúpszög a [31.] ábrán láthatónál kisebb lesz. Mint már mondtuk, a bélés anyaga a keletkezett nagy nyomáson folyadékként viselkedik és folyik a szimmetriatengely felé. Ott a szembeáramló folyadéksugarak találkoznak egymással és a [32.] ábrán látható módon egy, a szimmetriatengelyben elhelyezkedő folyadéksugarat alkotnak. A szimmetriatengelyben kialakuló folyadéksugár hamarosan két sugárra oszlik szét, mert sebessége a különböző helyeken nem egyforma.”<sup>512</sup>

<sup>511</sup> Kovács (1962): i. m. 100–101.

<sup>512</sup> Kovács (1962): i. m. 101.

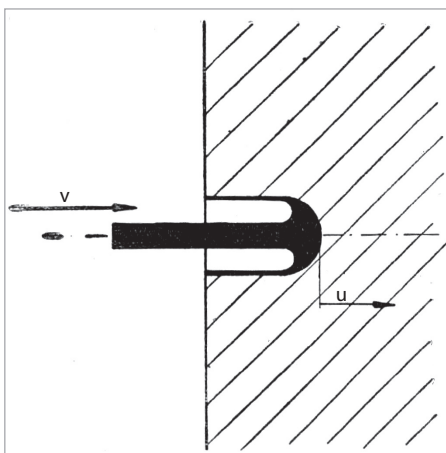




Ilyen feltételek mellett a páncéllemez anyaga is megfolyik, azaz két folyékony anyag találkozását kell vizsgálnunk. Hogy a jelenséget, könnyebben megérthessük, alkalmazunk egy hidrodinamikai hasonlatot.

Képzeljük el, hogy egy tűzoltófecskendő vízsugarát egy iszap- vagy sárfal felé irányítjuk. A vízsugár behatol a sárfalba, mégpedig úgy, hogy a sárfalon a vízsugár átmérőjénél nagyobb átmérőjű lyuk keletkezik. Ha a vízsugár elegendő ideig ugyanarra a helyére irányul a sárfalnak, akkor a falat áttöri, mégpedig saját átmérőjénél lényegesen nagyobb átmérőben, majd utána nyugodtan folyik át a keletkezett nyíláson, anélkül, hogy annak falait érintené. A sárfal áttöréséhez szükséges idő függ attól, hogy a vízsugár milyen sebességgel érkezik a sárfalhoz. A nagyobb sebességű sugár hamarabb áttöri a falat. Az áttörés folyamata a következő. A vízsugár – beleérve a sárfalba – széteszlik. Egyik része visszafordul és kimossa maga mellett a sárfalat, a többi része megy tovább [lásd a 33. ábrát]. A létrejövő áramlás tehát eléggé bonyolult. [...] kérdés, hogy a páncél átütése valóban így zajlik-e le?

A feltételezést kísérletekkel lehet igazolni. Egyik kísérletnél röntgenfelvételt készítettek a páncéllemezen áthaladó kumulatív fémsugárról. A felvételek pontosan mutatják, hogy a sugár átmérője lényegesen kisebb, mint az általa ütött lyuk átmérője. A másik kísérletsorozatnál megmérték a páncéllemezek súlyát átütés előtt és átütés után. A tapasztalat az volt, hogy a páncéllemezéből alig hiányzik valami. Az ütött lyuk nagyságának megfelelő anyagmennyiségnél mindenesetre lényegesen kevesebb a hiány. Ez is amellettszól, hogy a kumulatív hatásnál a képlékennyé vált páncéllemez az ütött lyuk sugara mentén tömörödött csak, a lyuk tengelye irányában elmozdulás alig volt. A páncéllemezéből valószínűleg csak az átütés végén lerepülő anyagmennyiség hiányzott. A fenti igazolás után a hidrodinamikai képet nyugodtan alkalmazhatjuk az átütés folyamatára.<sup>515</sup>



33. ábra: A kumulatív sugár behatolása a céltárgyba

Forrás: Kovács (1962): i. m. 103. 4. ábra.

<sup>515</sup> Kovács (1962): i. m. 102.

A szerző leszögezi, hogy tetszőleges hosszúságú kumulatív sugárral tetszőleges vastagságú páncélt is át lehet ütni, viszont – mivel a bélésanyag véges – a belőle képződő sugár hosszát három tényező határozza meg: a bélés anyagmennyisége, a képződött sugár sebessége és annak vastagsága.

Először jelenik meg a szakirodalomban a kumulatív töltetek acéltól eltérő anyagú céltárgyak rombolására történő alkalmazhatósága. „A kumulatív bélés anyagából képződött sugár természetesen nemcsak a páncéllemez anyagát »mossa« ki, hanem a kevésbé szilárd anyagokat is, sőt, ezekben az ütött lyuk átmérője és mélysége is lényegesen nagyobb. Éppen ezért a kumulatív töltetet vasbeton építmények rombolására is lehet használni. Kisebb falvastagságú vasbeton építmények falát maga a kumulatív töltet is szét tudja rombolni, nagyobb vastagságú vasbeton építményekbe pedig lyukat fúr a romboláshoz szükséges robbanótöltet részére. Békés célokra is használják pl. a kő- és az olajbányászat területén.”<sup>516</sup>

A fentieket a gyakorlatban is bizonyította a *Magyar Néphadseregben* rendszeresített *EKA–62 típusú erődromboló kumulatív akna*, amely a 8 kg-os robbanóanyag-töltetével nem csupán az acélban volt képes 350 mm mélységű és 25 mm átmérőjű lyukat ütni, hanem vasbeton szerkezeteknél 1400 mm mélységben 45 mm-es, fagyott talajban pedig 2000 mm mélységben 50 mm átmérőjű lyukat robbantott.

A következő, kumulatív töltetekkel foglalkozó cikkekre 1967-ig kellett várni. Ekkor a *Lobogó* folyóiratban Kovács Lajos írt egy rövid közleményt a témában.<sup>517</sup> A fentiekhez képest egy új érdekességet tartalmaz a cikk. E szerint Munroe a kísérletei során egy alkalommal a robbanóanyag-töltetbe a neve kezdőbetűjét is belevéste, amely szintén megjelent negatív formában a céltárgy acéllemezen.

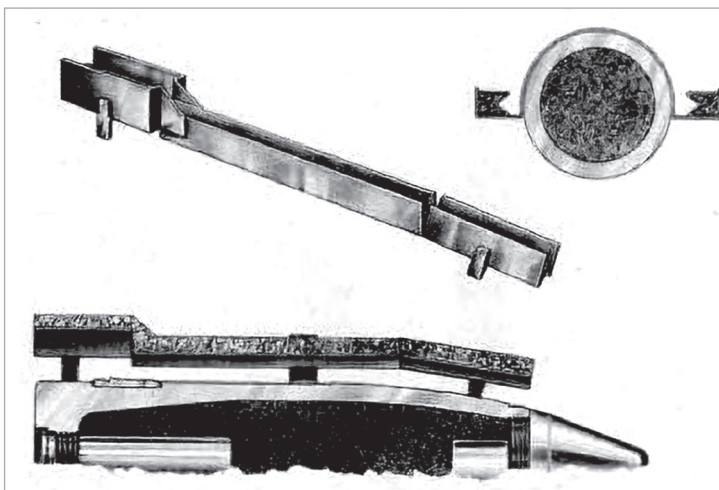
A kumulatív tölteteket eddig csak céltárgyak át/kilyukasztására mutatták be. Burch arról ír művében, hogy az első *lineáris kumulatív (vágó-) tölteteket* 1956-ban, a Frankford Arsenal és Sandia Nemzeti Laboratóriumban fejlesztették ki az Ensign-Bickford támogatásával, stratégiai rakéta és hordozórakéta programokhoz.<sup>518</sup> Ugyanakkor egy titkos minősítésű *1947-es amerikai katonai haditengerészeti kiadványban*<sup>519</sup> már a fel nem robbant lőszer és bombák hatástalanításánál alkalmazható, plasztikus robbanóanyaggal a *helyszínen tölthető kumulatív vágótöltet*-burkolatokkal találkozhatunk.

<sup>516</sup> Kovács (1962): i. m. 103.

<sup>517</sup> Kovács Lajos: A kumulatív töltet. *Lobogó*, (1967), 32. 7.

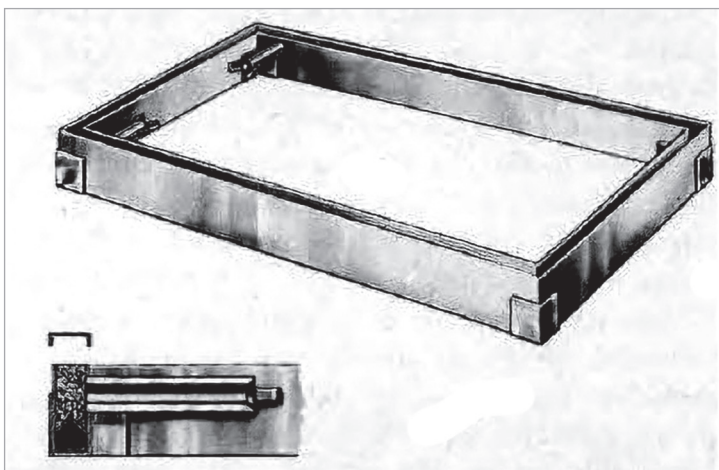
<sup>518</sup> Briant T. Burch: *Determining and Mitigating the Effects of Firing a Linear Shaped Charge under Water*. (2014). Master Theses. 7305. 14.

<sup>519</sup> *Shaped Charge Ammunition and Applications of Shaped Charges to Explosive Filled Ordnance* (Restricted). OP 1720. Washington, D. C., Navy Department Bureau of Ordnance, 1947.



34. ábra: Amerikai Mark 4 vágótöltet burkolata

Forrás: OP 1720 (1947): i. m. 15. Fig. 13.



35. ábra: Amerikai Mark 22 vágótöltet-burkolat

Forrás: OP 1720 (1947): i. m. 15. Fig. 14.

A képet egy ugyancsak kumulatív, kábelrobbantó vágótöltet teszi még teljesebbé (36. ábra).



36. ábra: Amerikai Mark I kábelrobbantó töltet

Forrás: OP 1720 (1947): i. m. 16. Fig. 17.

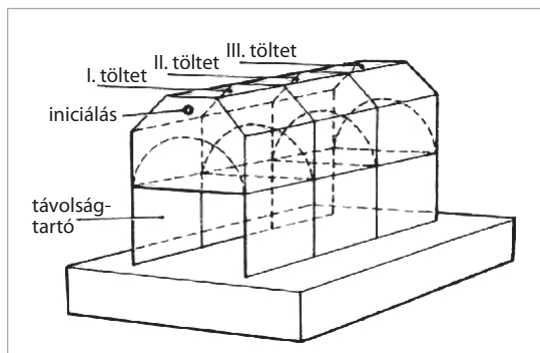
A magyar katonai szaksajtóban 1969-ben jelent meg az első cikk a *vágótöltetekről* a *Haditechnika* folyóiratban, egy előző évi német közlemény alapján.<sup>520</sup> A publikáció elején a hagyományos kumulatív összpontosított töltetek működési mechanizmusáról olvashatunk. A következőkben – a fent említett katonai szabályzatban is említetteknek megfelelően – a lineáris vágótöltetek megjelenési idejét a világháború idejére teszi. „A vágótöltetek a második világháború idején jelentek meg. A bélélt üreges töltetek sikerei után, melyek csak lyukakat ütöttek, a szakemberek feltették a kérdést, hogy a kumulatív hatás elvét nem lehetne-e kiterjeszteni a horony alakú vajatokkal készített töltetekre, ugyanis e töltetek egymáshoz illeszkedésével hosszú vágatokat lehetne létrehozni. Az elgondolás hamarosan testet öltött, és több hadsereg be is vezette a vágótölteteket. Ezek a töltetek több szempontból különböznek a forgásszimmetrikus üreges töltetektől, s az eltéréseket a kivitelezéskor figyelembe kell venni. Ilyen különbség, hogy a vágótöltet és a bélése felületszimmetrikus alakzat, és a vágótölteteknek egy vágat megteremtéséhez a szimmetria-felületben kialakuló sugársort kell létrehozniuk.

Láttuk, hogy a forgásszimmetrikus üreges töltetben a robbanóanyag energiája háromdimenziósan egyesül egy egyenes sugár előállításához. A vágótöltet síkfelületszerű sugársorát felbonthatjuk párhuzamos egyenes sugarak seregére. Mivel az egyes egyenes vonalú sugarak létrehozásához csak egy adott keresztmetszet robbanóanyagának energiája áll

<sup>520</sup> Vágótöltetek. *Haditechnika*, 3. (1969), 2. 66–68. (W. Faber cikke alapján, a *Pioniere* 1968. 3. számából).

rendelkezésre, az energiakoncentráció itt csupán kétdimenziósan jön létre. Nyilvánvaló ezek után, hogy a vágótöltet behatolási mélysége ugyanazon a bázisszélességen szélsőképpen kisebb, mint egy forgásszimmetrikus üreges tölteté.”<sup>521</sup>

A német katonai vágótöltetek fejlesztésének lépéseiről a következők szerint tudósít. „Mintegy tíz évvel ezelőtt kifejlesztettek egy nagy vágótöltetet. Ez 9 kp hexotol robbanóanyaggal készült, bázisszélessége 23 cm, hossza pedig 20 cm volt, s a katonai követelményeknek megfelelően legalább 18 cm-es acélt és 80 cm-es betont tudott átütni. Először két típust dolgoztak ki, amelyek abban különböztek egymástól, hogy az egyiket 80°-os szög alakú, a másikat pedig félkör alakú béléssel látták el. Jóllehet a céltávolságok megfelelő kiválasztásával mindkét típus vágóhatása nagyjából azonosnak bizonyult, mégis megmutatkozott a félkör alakú töltet előnye, nevezetesen hogy kevésbé érzékeny a távolság iránt. A félkör alakú töltet még az optimális céltávolság túllépésével is megfelelő hatást fejtett ki, a szög alakúnak a hatása viszont ilyenkor hamarabb csökkent. Ezért a félkör alakú töltet mellett döntöttek, és ezt kezdték gyártani. Jegyezzük meg itt, hogy a félkör alakú töltetet először 6 kp-os töltetként dolgozták ki, mivel ezzel a robbanóanyag töltettel sorozatrobantáskor (vagyis, ha több töltetet helyeztek el egymás után) igen jó eredményeket értek el.”<sup>522</sup>



37. ábra: Német vágótöltetek sorozatrobantása

Forrás: Vágótöltetek (1969): i. m. 67. 4. ábra.

„1960 tavaszán megkezdtek a 2 kp-os vágótöltet kidolgozását. Robbanóanyagként itt ismét a hexotolt használták. A töltethossz, a robbanóanyagsúly és a robbanóanyagfajta megállapítása után, a mintegy 1,68 kp/dm<sup>3</sup> fajsúllyal a robbanóanyag keresztmetszete 60 cm<sup>2</sup>-re adódott. Célul tűzték ki, hogy a 2 kp-os töltettel legalább 15 cm-es 37 kp/mm<sup>2</sup> szakítószilárdságú szerkezeti acélt, vagy 40 cm-es vasbetont, vagy 80 cm-es döngölt betont üssenek át. Az optimális vágóhatást kifejtő töltet alakját kísérleti úton állapították meg. A fejlesztés meggyorsítása és olcsóbbá tétele végett előbb kis, 100 mm-es hosszúságú és 0,3 kp töltetsúlyú modellekkel a külső töltetalak, a bélésalak és a bélésvastagság,

<sup>521</sup> Vágótöltetek (1969): i. m. 67.

<sup>522</sup> Vágótöltetek (1969): i. m. 67–68.



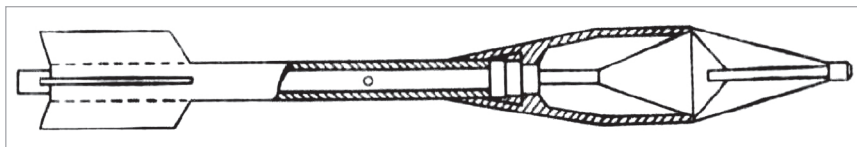
nemkülönben a céltávolság optimális értékét meghatározták. Az így kapott értékeket arányosan átszámítva készítették el a 2 kp-os töltetet. Tudni való ugyanis, hogy a nagyobb üreges töltetek kisebbekből számíthatók, ha a lineáris méreteket azonos arányban növelik. A folyamat modellkísérleteiben használt 0,3 kp-os vágótöltetektől megkövetelték, hogy legalább 7,5 cm-es 37 kp/mm<sup>2</sup> szakítószilárdságú szerkezeti acélt, vagy 17-20 cm-es vasbetont vagy 50 cm-es döngölt betont képesek legyenek átütni.<sup>523</sup>

A kísérletek eredményei alapján a 130 mm-es bázisszélességű és 3 mm-es rézbélésű 2 kp-os töltetre 143 mm-es céltávolságot állapítottak meg. Ez lehetővé teszi, hogy a robbanóanyag mennyiségének változtatásával a bélést még néhány mm-rel növeljék vagy csökkentsék, azaz magasabbra vagy mélyebbre helyezték. Ezzel a hosszú kísérletsorozatban kialakított vágótöltettel a csapatok kezébe olyan robbantóeszközt adtak, mely egyrészt könnyen kezelhető, másrészt a követelményeket minden tekintetben kielégíti.”

A meglévő kumulatív töltetek hatásadatainak felhasználásával tervezhető új töltetekről a későbbiekben még szólnunk az orosz Szalamahin professzor munkája kapcsán.

*Lőrincz István* a harcocsifegyverzet fejlesztéséről írt *1971-es* cikkében foglalkozik – egyebek között – a kumulatív páncéltörő löszerek helyzetével is.<sup>524</sup> Ebben újból megjelenik egy 1960-as cikkben már bemutatott probléma: a tűzéségi löszerek forgó mozgásának kedvezőtlen hatása a kumulatív töltetekre. „A kumulatív hatású gránát fontos előnye, hogy páncéláthatoló képessége csaknem független a lőtávolságtól, és azonos űrméretet tekintve a páncéltörő lövedékekénél jóval nagyobb, kedvezőtlen viszont, hogy elveszti páncélrobbantó képességét, ha a robbanás pillanatában forog. Ezért arra törek-szenek, hogy az üreges töltetű lövedékek forgatását lehetőleg kiküszöböljék. A harco-csiágjuk csöveinek huzagolása a lövedékeket az üreges töltetű gránátok működésében még megengedhető, percenkénti 1500-2000 fordulatot jóval felülmúló forgásszámra kényszeríti. A második világháborúban éppen ezért ezeket a gránátokat többnyire csak kis huzagemelkedésű lövegekből lőtték ki mérsékelt kezdősebességgel. Az üreges töltetű lövedékek tüzelésére ez az elv ma is érvényes.

A forgás csökkentését szolgálja az utóbbi években kialakított két módszer. Az egyik a lövedék szárnystabilizálásával küszöböli ki teljesen a forgást (38. ábra), a másik olyan elrendezést alkalmaz, melyben a lövedéket forgó köpennyel veszik körül, s ez az üreges töltetet nyugalomban hagyja.”<sup>525</sup>



38. ábra: Szárnystabilizált üreges töltetű lövedék

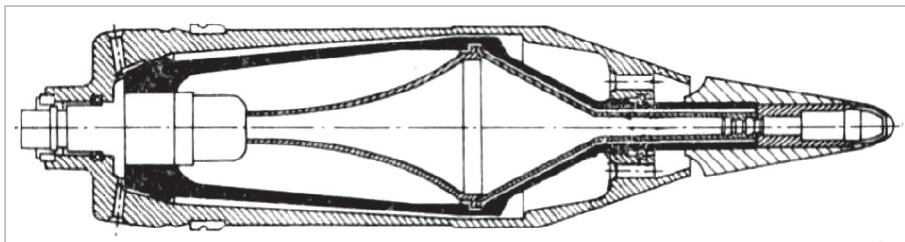
Forrás: Lőrincz (1971): i. m. 133. 4. ábra.

<sup>523</sup> Vágótöltetek (1969): i. m. 68.

<sup>524</sup> Lőrincz István: A harcocsifegyverzet ma és holnap. *Haditechnika*, 5. (1971), 3. 131–135.

<sup>525</sup> Lőrincz (1971): i. m. 133.

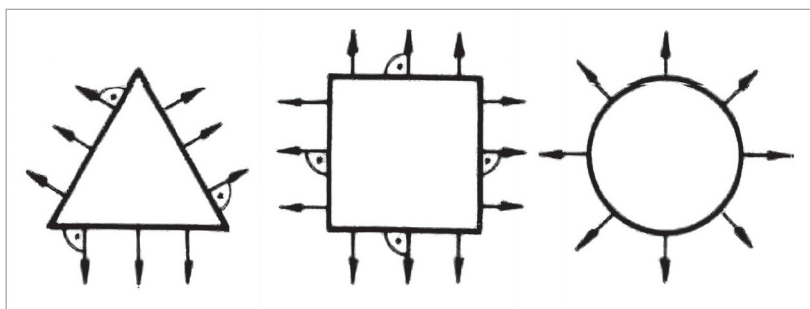
„Az üreges töltetű lövedékek forgáscsökkentésének merőben eltérő módszere a forgóköpeny-stabilizálás [39. ábra]. Ennek lényege, hogy az üreges töltetet egy vékonyfalú test alkatelemeként erős acélköpeny belsejében forgathatóan golyóscsapágyazzák. Az acélköpeny, mely a vezetőgyűrűt hordozza, lövéskor forogni kezd, az üreges töltet pedig a köpeny belsejében tehetetlenségénél fogva nyugalomban marad. Előfordul néha, hogy a jó csapágyazás ellenére az üreges töltet mégis forog és ezért a kívánt hatást nem éri el. A forgóköpeny-stabilizálású lövedék különösen drága és gyártása nagy gondosságot igényel.”<sup>526</sup>



39. ábra: Forgóköpenyes stabilizálású, üreges töltetű lövedék

Forrás: Lőrincz (1971): i. m. 133. 5. ábra.

A kumulatív robbanás fizikájáról Ungvár Gyulának két közleménye is megjelent katonai szaklapokban. 1975-ben a *Haditechnikai Szemlé*ben az alábbiakról írt.<sup>527</sup> „Általánosan ismert, hogy bármely formájú robbanótestről a robbanási termékek a test felületére merőlegesen lépnek ki [40. ábra]. Ezt a törvényszerűséget használja fel és hasznosítja a kumulatív töltet a robbanási energia irányított jellegének létrehozására.”



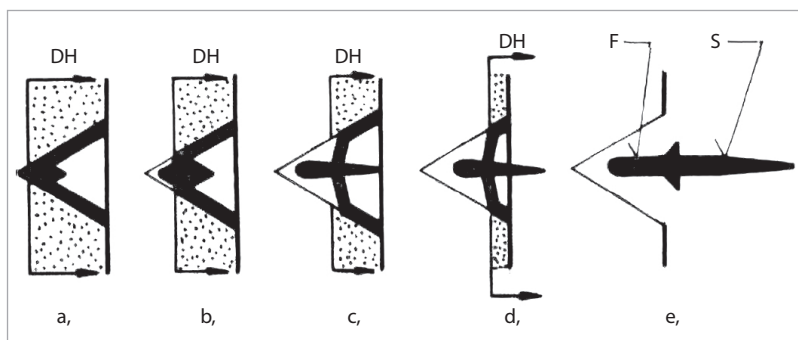
40. ábra: A robbanási termékek kilépésének iránya

Forrás: Ungvár (1975): i. m. 73. 1. ábra.

A kumulatív töltetek korábbi tanulmányokban már ismertetett működésének bemutatása után egy ábrán részletezi a fém bélésűp összeroskadási folyamatát is.

<sup>526</sup> Lőrincz (1971): i. m. 133–134.

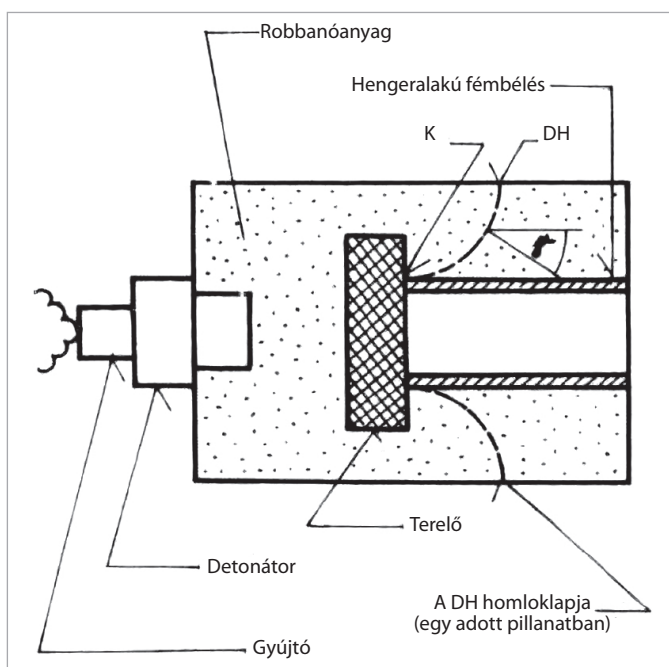
<sup>527</sup> Ungvár Gyula: A kumulatív robbanás fizikája. *Haditechnikai Szemle*, (1975), 3. 73–76.



41. ábra: A fém bélésűp összeroskadási folyamata

Forrás: Ungvár (1975): i. m. 74. 4. ábra.

A kumulatív töltetek alakjának bemutatásánál már látható volt egy hengeres üregű kumulatív töltet is. Most konkrét alkalmazásáról is olvashatunk, egy még részletesebb ábra segítségével.



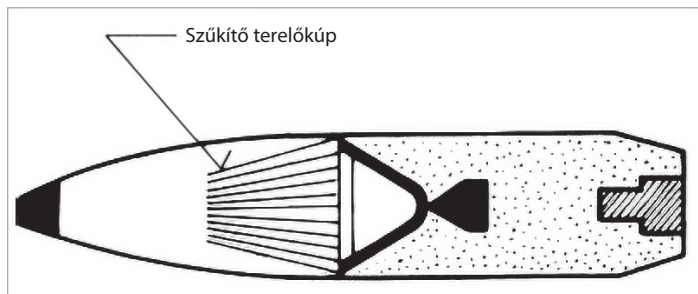
42. ábra: Robbanási kísérlet vázlata hengeres fémtessel

Forrás: Ungvár (1975): i. m. 75. 7. ábra.

„Laboratóriumi körülmények között, légüres térben, berilliumból készült henger-bélés esetén (melynek az atomsúlya 9,01)  $V_s = 90$  km/s rekordsebességet értek el. A sugár tömege és sűrűsége azonban igen kicsi volt (a berillium sűrűsége  $1,83$  kp/dm<sup>3</sup>), ennek

következtében az átütő hatás is jelentéktelen értéket adott. Ha a vákuumot csökkentették, akkor a  $V_s$  jelentős mértékben csökkent.”<sup>528</sup>

A kumulatív lövedékeknél a forgó mozgás kedvezőtlen hatásának csökkentéséről is bemutat a szerző egy újabb módszert. „Az utóbbi időben ismertekké váltak olyan kumulatív gránátok is, amelyeket nagy sebességgel, huzagolt csőből lőnek ki. Ez esetben a jelzett centrifugális hatás ellensúlyozása céljából a bélés-kúp elé külön szűkítő terelő kúpot iktatnak be.”<sup>529</sup>



43. ábra. A centrifugális erő káros hatásának ellensúlyozása szűkítő terelőkúppal

Forrás: Ungvár (1975): i. m. 76. 13. ábra.

A tanulmány végén az üreges töltetek páncélatütő hatását meghatározó alábbi tényezőket sorolja fel az íromány:

- „A bélés anyagának fizikai és geometriai jellemzői.
- A robbanóanyag mennyisége és detonációsebessége.
- A helyes emelési magasság megválasztásával a pontos fókusz-távolság biztosítása.
- A robbantás formája és minősége, különös tekintettel a terelőtárcsára.
- A gránát szerkezete, a merőleget megközelítő robbanási irány biztosítása.
- A töltet külső burkolópalástjának anyaga.
- Végül egy lényeges tényező, hogy a gránatra a becsapódás pillanatában mekkora a tengelyirányú forgásból keletkező centrifugális erő.”<sup>530</sup>

A *Honvédségi Szemlében* 1979-ben megjelent cikkben<sup>531</sup> a fent leírtakhoz az alábbi kiegészítéseket találjuk.

A kumulatív sugárnak a páncélban kifejtett hatásáról ezt olvashatjuk. „A páncélt a beleütő közö folyékony fémsugar óriási nyomással deformálja. A páncéllemez radiális irányban szétnyomódik és folyni kezd. A kifolyt rész helyén lyuk, mélyedés keletkezik, amely a sugár behatolásától függően meghatározott sebességgel fokozatosan mélyül [44. ábra]. A behatolási vagy átütési mélység azonban nem függ a sugár sebességétől

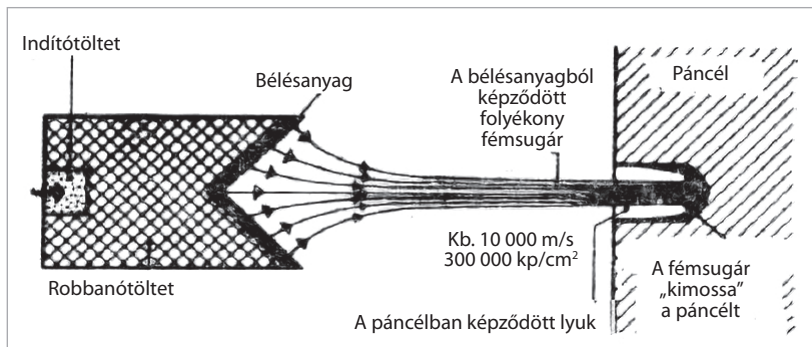
<sup>528</sup> Ungvár (1975): i. m. 75.

<sup>529</sup> Ungvár (1975): i. m. 76.

<sup>530</sup> Ungvár (1975): i. m. 76.

<sup>531</sup> Ungvár Gyula: A kumulatív robbanás fizikája. *Honvédségi Szemle*, (1979), 12. 30–34.

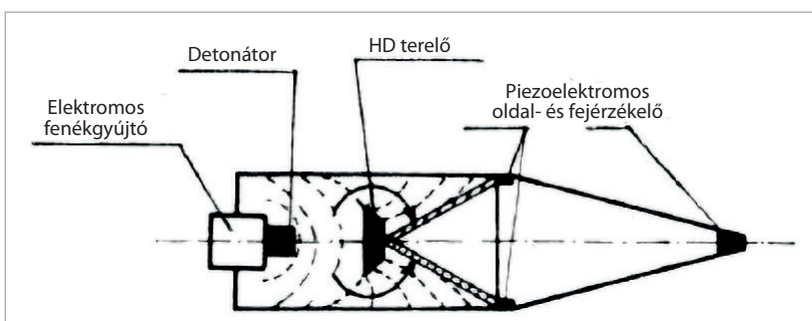
(Vs), mert minél nagyobb a (Vs), annál gyorsabb a behatolás, de annál gyorsabban is veszíti el a sugár hatásos energiáját. A hidrodinamikai elméletnek megfelelően, az átütés mélysége egyenesen arányos a sugár hosszával, valamint a sugár és páncél sűrűsége viszonyának négyzetgyökével.”<sup>532</sup>



44. ábra: A folyékony „sugárlövedék” hatása a páncélban

Forrás: Ungvár (1979): i. m. 32. 6. ábra.

„Végezetül még egy fontos, szerkezeti tényezőt kell megemlíteni, amely döntő szerepet játszik a sugár kialakulásában. Ez pedig nem más, mint az ún. HD terelő [45. ábra]. Az utóbbi időben ez, valamennyi korszerűen szerkesztett kumulatív gránátban megtalálható. Feladata a detonációs hullámok (DH) hatásának a béléskúp oldalaira való merőleges terelése. Anyagát tekintve inert, általában műanyag, esetenként karton, fa, acél. Általánosan jellegzetes szerkezeti megoldás, továbbá a fenékrésről történő detonáció iniciálás, ami a korszerű gránátoknál piezo elektromos fej- vagy oldalérzékelő fenékgyújtóval történik.”<sup>533</sup>



45. ábra: A HD terelő gyakorlati hatása

Forrás: Ungvár (1979): i. m. 33. 10. ábra.

<sup>532</sup> Ungvár (1979): i. m. 32.

<sup>533</sup> Ungvár (1979): i. m. 33–34.

A kumulatív töltetekkel kapcsolatban az alábbi fontos tényeket rögzíti végezetül:

„1. A kumulatív gránát célbani hatása:

- nem páncél átégetés;
- nem páncél átrobantás;
- hanem páncélátütés.

2. A páncélátütést az üreges robbanóanyagot burkoló fémbélésből kialakult »sugár-lövedék« végzi.<sup>534</sup>

3. A páncél a behatolás helyén a nagy nyomással és sebességgel behatoló fém sugar hatására folyik (olvad) meg.”<sup>535</sup>

Talán meglepő, hogy a *kumulatív nyújtott töltetekről* olvasható következő cikk szintén a külföldi szakirodalom fordításaként került az olvasókhoz. A *Haditechnikai Szemlében 1978-ban* megjelent anyag<sup>536</sup> az orosz *Zarubezsnoje Vojennoje Obozrenyije* egy 1974-es cikke alapján készült. „Az utóbbi években néhány nyugati ország hadseregében különböző típusú kumulatív nyújtott töltetet rendszeresítettek robbantási feladatok végrehajtására. Alkalmazásuk a hidak és más objektumok gyors felrobbantását teszi lehetővé. A szakemberek véleménye szerint a kumulatív nyújtott töltetek szakszerű alkalmazásával a robbantási feladatok időigénye a hagyományos töltetekhez viszonyítva, közel felére csökken. A fejlesztési munkák jelenleg is folyamatban vannak.”<sup>537</sup> A két angol, három francia és két nyugatnémet kumulatív töltet főbb harcászati-műszaki jellemzőit bemutató táblázaton kívül a szerző az alábbiakat írja ezekről a műszaki harcanyagokról.

„A jelenleg használatos típusoknál a robbanótöltet fajlagos súlya (egységnyi hosszúságra eső robbanótöltet mennyisége) a rendeltetéstől függően, 0,02-70 kp/m értékhatárok között van. Legkisebb fajlagos súlyúak a hajlékony kumulatív tölteteknek van. Ezek keresztmetszete a hagyományos gyújtózsínórokéval közel azonos. [...] Legnagyobb fajlagos súlyúak a vasbeton szerkezetek robbantására alkalmas töltetek. Ebbe a csoportba tartoznak a német gyártmányú DM19 típusú és a francia gyártmányú 1962. mintájú töltetek. A kumulatív nyújtott töltetek robbanótöltete általában brizáns robbanóanyagokból álló keverék. Alkalmaznak csak trotilból álló robbanótöltetet is. A DM19, valamint a DM29 típusú kumulatív nyújtott töltetek robbanótöltete az 50% trotilból és 50% hexogénből álló Hexotol nevű keverék. Az angol gyártmányú No3 Mkl. Stog nevű töltet 75% trotilból és 25% nitropentából álló Pentolit nevű robbanóanyag keveréket tartalmaz. A robbanótöltetek fajsúlya 1,5-1,7 p/cm<sup>3</sup>. Az üreg fala acél, vagy rézlemezről készült béléssel van borítva. A bélés vastagsága 2-5 mm. Azonos körülmények között a rézbéléssel ellátott töltetekkel 25-30%-kal nagyobb átütő hatás érhető el. Az üreg profilja rendszerint háromszög vagy félkör. Háromszög alakú profil esetén

<sup>534</sup> Más szakirodalmi hivatkozással „jet”.

<sup>535</sup> Ungvár (1979): i. m. 34.

<sup>536</sup> Nyújtott töltetek. *Haditechnika*, 12. (1978), 2. 66–67. (A *Zarubezsnoje Vojennoje Obozrenyije* [1974], 9. cikke alapján).

<sup>537</sup> Nyújtott töltetek (1978): i. m. 66.



a nyílásszög 60-90° között lehet. Az alaptöltet iniciálására szolgáló indító töltet préselt trotilból vagy nitropentából készül.”<sup>538</sup>

A cikket az alábbiakkal zárja. „A kumulatív nyújtott töltetek alkalmazására a teljes műszaki állományt kiképzik. A jelenleg is folyamatban levő fejlesztési munka célja a robbantáshoz szükséges idő további csökkentése.”<sup>539</sup>

A vizsgált időszakot három, a *II. világháborúban alkalmazott kumulatív páncéltörő löszerekről* szóló cikk zárja. Horváth János kétrészes tanulmánya a *Haditechnikában* jelent meg. Az *I. részben*<sup>540</sup> a német Panzerfaust-változatokról, a Panzerschreckről, a magyar tervezésű 60 mm-es 44 M kézi rakétavetőről és az 1944 M kétcsövű páncéltörő-vetőről olvashatunk. Az *II. részben*<sup>541</sup> a 43. M puskagránátvetővel, továbbá a tüzérségi eszközök kumulatív gránátjaival ismerkedhetnek meg az olvasók.

1988-ban szintén a *Haditechnikában* a 44. M buzogányvetőről és annak alkalmazásáról<sup>542</sup> írt cikket Muszka M. József. Az először 1944 novemberében alkalmazott magyar tervezésű harceszköz lövedéke 160–180 mm vastag páncél átütésére volt képes, és ezzel – a szerző szerint – „az akkori idők leghatásosabb páncélromboló eszköze lehetett volna”. Sajnos a rohammunkában fejlesztett eszközök, amelyeket a gyártósorról egyenesen a rohamtüzér osztályokhoz szállítottak (még sorozat- vagy azonosítási számmal sem rendelkeztek), a gyakorlatban nem váltak be. „A vetők már az első alkalommal, ugyanúgy, ahogyan később, az Esztergom környéki páncélos ütközetben, vagy a körülfárt Budapesten is, akár egyes páncéllhárító fegyverként, akár tömegesen kísérleteztek a bevetésével, tökéletesen kudarcot vallottak, az alkalmazásukhoz fűzött nagy reményeket nem váltották be. A buzogányvetők eredménytelenségének okát elsőként a kezelők tulajdon fegyverüktől való félelmében kell keresni. Másodszor az egyes lövedékek ballisztikai törvényeit megcsúfoló viselkedését kell figyelembe venni, mivel kilövésük után a lőiránytól való vízszintes, vagy függőleges eltérésük minősíthetetlenül megrontotta a löszabatoságot. Ezekből a hibákból és a bekövetkezett csőrobbanásokból eredően több kezelő pusztult el a saját fegyverétől, mint a támadó harcokcsik tüzetől. A buzogányvetőnek 1944 utolsó heteiben való bevetése nem volt egyéb, mint a magyar hadvezetés egy újszerű fegyvert kipróbálni szándékozó, nagyon sok, értelmetlen áldozatot eredményező felelőtlen kísérlete. A kísérlet felvillantotta a háború utolsó időszakának egyik fegyverszaki különlegességét, s ez ennél több nem is maradt, mert hibái révén magában hordozta a biztos bukást. Eredménytelenségének következtében, feltűnően rövid idő – kb. 6 vagy 7 hét után – eltűnt a hadszíntérről.”<sup>543</sup>

Még egy érdekességet említ a cikk a buzogányvetőről. „A Hungarista Légiónál állományába került vetőket illeték az ominózus »Szálasi-röppentyű« elnevezéssel [...]»

<sup>538</sup> Nyújtott töltetek (1978): i. m. 66–67.

<sup>539</sup> Nyújtott töltetek (1978): i. m. 67.

<sup>540</sup> Horváth János: A magyarországi harcokban alkalmazott kumulatív páncéltörő fegyverek 1944–1945. I. rész. *Haditechnika*, 20. (1986), 2. 32–35.

<sup>541</sup> Horváth János: A magyarországi harcokban alkalmazott kumulatív páncéltörő fegyverek 1944–1945. II. rész. *Haditechnika*, 22. (1988), 1. 32–36.

<sup>542</sup> Muszka M. József: A 44.M Buzogányvető és alkalmazása. *Haditechnika*, 22. (1988), 2. 34–37.

<sup>543</sup> Muszka (1988): i. m. 36–37.

A katonai terminológiában 1944 utolsó hetein kívül, a »Szálasi-röppentyű« elnevezés nem volt használatos. [...] A reguláris alakulatoknál ezt a fegyvert a hivatalos nevén, és csakis 44.M Buzogányvetőként emlegették.”<sup>544</sup>

### 3.2.3. Kumulatív töltetekről szóló katonai szakcikk 1990-től napjainkig

1990 után az első irányított hatású robbantással kapcsolatos cikket *Molnár László*, a Mechanikai Művek Speciális Gyáregységének vezetője írta. A *Műszaki Katonai Közönyben* 1992-ben megjelent tanulmányban<sup>545</sup> a szerző az e témában megvédett kandidátusi disszertációjában szereplő implóziós robbanás témájával foglalkozott. A „Nagyenergiájú keverék-típusú robbanóanyagokkal szerelt robbantóeszközök vizsgálatai” témát 1985-ben javasolta Molnár a vállalat haditechnikai célú kutatás-fejlesztési tervébe venni. Ezt megelőzően a Magyar Kémikusok Egyesületének folyóiratában, a *Magyar Kémikusok Lapjában* jelent meg egy négyrészes cikksorozata *Implóziós robbantás* címmel.<sup>546</sup> Ennek lett az eredménye az *Igen nagy detonációs nyomás és energiasűrűség előállítása a haditechnikai célú robbantóeszközök hatékonyságának növelésére* címmel elkészült tudományos alkotás. A fogalmat így határozta meg: „Implózió olyan detonációs folyamatot tekintek, melynek során megvalósul valamely robbanóanyagban haladó háromdimenziós detonációs hullámfront-felület önmagával való ütközése, valamely kitüntetett térbeli-, illetve időpontot tartalmazó tartományban, illetve időtartam alatt.”<sup>547</sup>

A kutatás célja a rendszeresített katonai robbantóeszközök hatékonyságának növelése, valamint új típusú, minőségileg új paraméterekkel rendelkező robbantóeszközök kifejlesztése volt. A szerző haditechnikai, fizikai és matematikai publikációk feldolgozása alapján arra a megállapításra jutott, hogy a kémiai robbanóanyagok felhasználásán alapuló, haditechnikai célú robbantóeszközök hatékonyságának lényeges növelése lehetséges a kondenzált robbanóanyagok irányított detonációjának, ezen belül az implózióknak az alkalmazásával. „Ezen fizikai elv felhasználhatóságának magyarázatát abban jelölöm meg, hogy alkalmazásával az irányított detonáció olyan nem stacionárius és nem egyensúlyi folyamat valósítható meg, mellyel (a stacionárius és az egyensúlyi detonációs folyamathoz viszonyítva) lehetőség nyílik a detonációs hullámfront, hullámfront jellemzőinek több nagyságrenddel történő növelésére, ezért végső soron a robbantóeszközök hatékonyságának lényeges növelésére.”<sup>548</sup> A dolgozatban kidolgozta a robbanóanyagok implóziójának általános matematikai-fizikai elméletét és az implóziós robbantóeszközök tervezési módszereit, továbbá bizonyította azok érvényességét.

<sup>544</sup> Muszka (1988): i. m. 37.

<sup>545</sup> Molnár László: Implóziós robbantás. *Műszaki Katonai Közöny*, 2. (1992), 3. 49–60.

<sup>546</sup> Molnár László: Implóziós robbantás I. *Magyar Kémikusok Lapja*, 39. (1984a), 6. 259–262.; II. 7. 321–325.; III. 8., 354–359.; IV. 11., 488–491.

<sup>547</sup> Molnár (1992): i. m. 51.

<sup>548</sup> Molnár (1992): i. m. 52–53.

Ugyancsak bizonyítást nyert, hogy a robbanóanyagok implóziója haditechnikai célú hagyományos páncélrepsző, továbbá nukleáris, fissionális robbantóeszközök hatékonyságának növelésére felhasználható.<sup>549</sup>

A következő, 1997-es cikkében Molnár László olajbányászati és védelmi célú kumulatív robbantóeszközök fejlesztéséről számolt be.<sup>550</sup> A Mechanikai Művek Rt. Speciális Divíziója és a GEOINFORM Mélyfúrási Információ Szolgáltató Kft. robbantástechnikával foglalkozó szakemberei közös fejlesztésbe kezdtek:

- olajbányászati célú kumulatív robbantóeszközök kifejlesztésére, majd perspektivikusan ezek ipari méretű gyártásának megvalósítására;
- védelmi célú, közepes ürméretű tűzérési lövedékek harci részét képezhető kumulatív robbantótöltetek kifejlesztésére, végső soron a Magyar Honvédség eszköztárába történő rendszeresítés céljából.

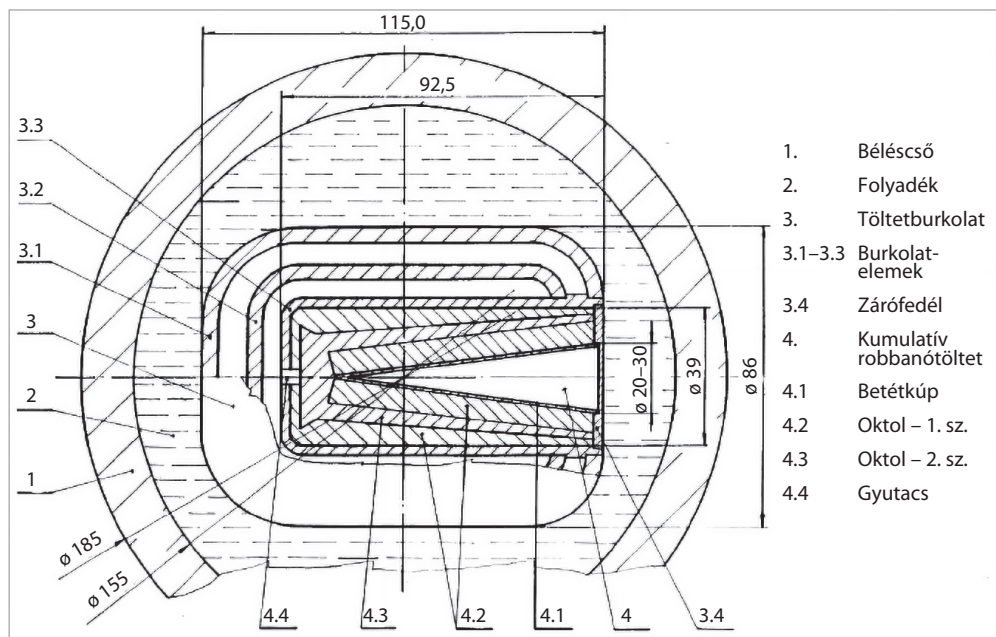
A kutatás-fejlesztési munkák főbb irányai és eredményei az alábbiak voltak:

- hexogén és oktogén bázisú és a bázisra vonatkoztatva növelt detonációsebeségű, nem csökkent hőállóságú robbanóanyagok kidolgozása, amelyek alkalmazsak egyrészt préselési eljárással, másrészt hexotolok és oktolok komponenseként öntési eljárással történő további feldolgozásra;
- az olajbányászati célú kumulatív robbantóeszközök vonatkozásában olyan konstrukció kidolgozása, amely alkalmas az  $\varnothing$  (belső) 155 mm méretű és 15 mm falvastagságú acél béléscsőben – egyenként is és fűzér-perforátor formában is – történő robbantási munkák végrehajtására, a cső – perforáció helyeinek kivételével – maradandó deformációja nélkül, és max. 0,3 mm legnagyobb lineáris méretű repeszképzés mellett.

A fejlesztésre kerülő kumulatív tölteteket ábrán is szemléltette.

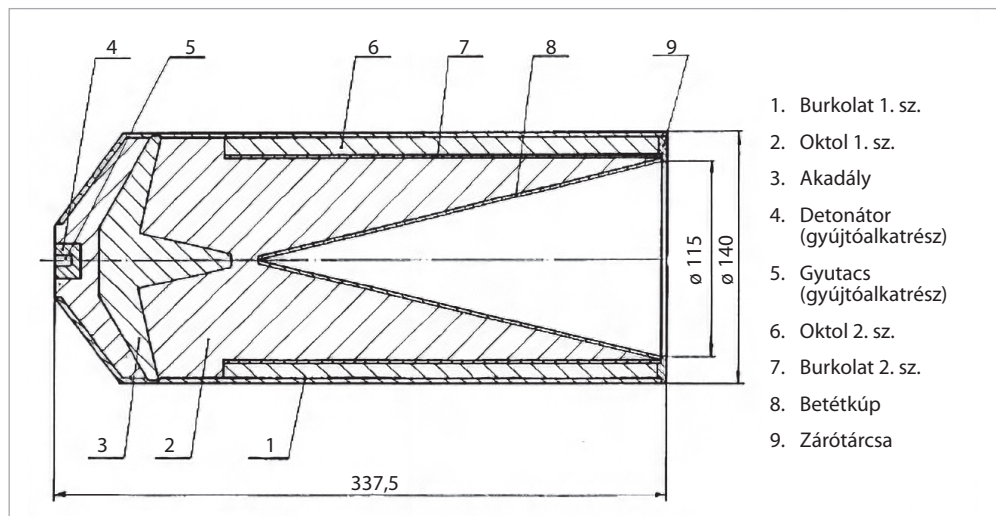
<sup>549</sup> A szerzőnek a témában 2019-ben, a Nemzeti Közzolgálati Egyetemen tartott előadása elolvasható: <https://drive.google.com/file/d/1E70q6clFGfzm2LT3aMWt4RzqUVPltHIL/view>

<sup>550</sup> Molnár László: Olajbányászati és védelmi célú kumulatív robbantóeszközök bemutatása, a Mechanikai Művek Rt. Speciális divízió fejlesztési tevékenységének keretei között. *Műszaki Katonai Közlöny*, 7. (1997), 4. 29–42.



46. ábra: Olajbányászati célú kumulatív robbantóeszköz felépítésének vázlata

*Forrás:* Molnár (1997): i. m. 40. 1. ábra.



47. ábra: Védelmi célú kumulatív robbantóeszköz felépítésének vázlata

*Forrás:* Molnár (1997): i. m. 41. 2. ábra.

A bemutatott cikkek szomorú aktualitása, hogy szerzőjük 2020-ban elhunyt. A Magyar Katonai Logisztikai Egyesület által dr. Molnár Lászlóval készített életútinterjú a lábje-

zetben szereplő linken megtekinthető.<sup>551</sup> Az NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar dékánja is nekrológban méltatta munkásságát.<sup>552</sup>

Lukács László 1996-ban írt cikket a *Műszaki Katonai Közlöny*be a kumulatív töltetek kialakulásáról, hatásmechanizmusuk elméletéről.<sup>553</sup> A tanulmányban a kumulatív töltetek fejlődésének bemutatása után egy táblázatot találunk, amely a különböző anyagú fém betétkúpok vizsgálatának eredményét összegzi. A kísérlet során 3 inch (76,2 mm) átmérőjű kumulatív töltetek hatását vizsgálták egy acélhengerre, 1 mm vastagságú, különböző fémekből készült bélés-kúpoknál.

3. táblázat: Kumulatív töltetek hatása különböző betétanyagok alkalmazása esetén

| Betétanyag | A betétanyag sűrűsége (kg/dm <sup>3</sup> ) | A behatolás mélysége az acéllemezbe, optimális eltartás esetén (inch/mm) | A behatolónyílás átmérője [mm] |
|------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Vörösréz   | 8,8                                         | 7,5 / 190,5                                                              | 18,0                           |
| Acél       | 7,8                                         | 5,0 / 127,0                                                              | 16,0                           |
| Cink       | 7,2                                         | 4,5 / 114,3                                                              | 22,0                           |
| Alumínium  | 2,7                                         | 5,0 / 127,0                                                              | 23,0                           |

Forrás: Lukács (1996a): i. m. 1. számú táblázat, 13.

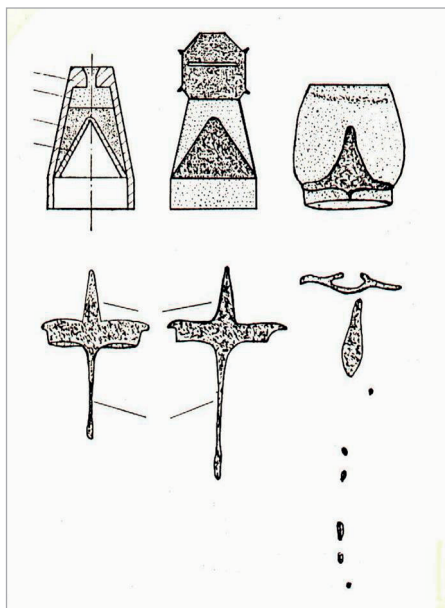
Mint látható, a leghatékonyabb hatást a legnagyobb sűrűségű vörösréz adta. Meglepő viszont, hogy a sűrűség szempontjából erősen eltérő acél és alumínium behatolási mélysége megegyező volt, eltérés csak a behatolónyílás átmérőjében mutatkozott.

Ezt követően egy röntgenimpulzus-felvétel alapján készült ábrán lépésről lépésre látható a kumulatív töltet robbanásának folyamata (48. ábra).

<sup>551</sup> [www.mkle.net/szakmai-eletut/molnar-laszlo/](http://www.mkle.net/szakmai-eletut/molnar-laszlo/)

<sup>552</sup> <https://hkk.uni-nke.hu/hirek/2020/05/26/gyaszhir>

<sup>553</sup> Lukács László: A kumulatív töltetek kialakulása, hatásmechanizmusuk elmélete. *Műszaki Katonai Közlöny*, 6. (1996a), 3. 8–27.



48. ábra: Kúpos üregű kumulatív töltet robbanásának fázisai a röntgenimpulzus-felvételek alapján (a jobb felső töltet a robbanás után 6 ms, a bal alsó a 12,5 ms, a középső a 17 ms, a jobb szélső pedig a 120 ms utáni állapotot mutatja)

Forrás: Lukács (1996a): i. m. 15. 6. ábra.

A cikk a továbbiakban a béléses kumulatív töltetekre vonatkozó, Lavrentyev által kidolgozott hidrodinamikai elmélet alapján részletezi a robbanás során bekövetkező eseményeket kúpos kialakítású és hengeres üregű töltetek esetén. Annyi kiegészítést tesz a szerző, hogy a hidrodinamikai elmélet alapján végzett vizsgálat során feltételezzük, hogy a nagy sebességű jet behatolása a céltárgyba azonos módon történik, mint a folyadéksugár behatolása a folyadékba. Ahhoz viszont, hogy ez a feltevés igaz legyen, azt kell biztosítani, hogy a jet sebessége meghaladjon egy – a jet és a céltárgy anyagától függő – kritikus értéket. Néhány céltárgy és jet anyagára vonatkozóan egy táblázatot közöl.

4. táblázat: A kumulatív jet kritikus sebességei

| A céltárgy anyaga | A céltárgy Brinell-keménysége | A jet anyaga | A jet kritikus sebessége V (m/s) |
|-------------------|-------------------------------|--------------|----------------------------------|
| Dúralumínium      | 115                           | Dúralumínium | 2900                             |
| Acél              | 125                           | Dúralumínium | 3300                             |
| Acél              | 125                           | Acél         | 2050                             |
| Edzett acél       | R = 50                        | Acél         | 2200                             |

Forrás: Lukács (1996a): i. m. 2. sz. táblázat, 26.



Ennek alapján a kumulatív töltet perforálási mélységének értéke csak abban az esetben lesz igaz, ha a jet sebessége legalább egyenlő vagy nagyobb, mint a kritikus jetsebesség értéke.

1996–1997-ben a *Magyar Honvéd* című hetilapban jelent meg Lukács Lászlónak a robbantóanyagoknál már említett cikksorozata *Robbantástechnikai kaleidoszkóp* címmel. Ezekben a kumulatív töltetekkel kapcsolatban az alábbi cikkek voltak olvashatók:

- Irányított energia.<sup>554</sup>
- A robbanás irányított hatásának katonai alkalmazása.<sup>555</sup>
- Speciális kumulatív töltetek.<sup>556</sup>

*Kumulatív töltetek készítésének lehetőségei, méretezésük néhány módszere* címmel írt egy közleményt Lukács László 1997-ben a *Műszaki Katonai Közlöny*be.<sup>557</sup> A bevezetőben az alábbi gondolatok találhatók: „Kumulatív töltetek méretezésével, készítésének szabályaival a szakirodalmak széles köre foglalkozik. Ezen belül találhatóak egészen egyszerű »tervezési módszereket« ismertetők ugyanúgy, mint ahogy tudományos megalapozottságú művek is. A műszaki csapattisztek részére – úgy érzem – a gyakorlatilag hasznosítható ismeretek igazán lényegesek, a kutatóintézetek szakembereire tartozik (lehetőségeik is nekik vannak erre) az elméletek tudományos kimunkálása. A továbbiakban pár módszert szeretnék bemutatni, a kumulatív töltetek tervezésére, készítésére vonatkozóan.”<sup>558</sup>

A cikk első részében akár „háziilag” is előállítható kumulatív tölteteket mutat be. Erre vonatkozóan számos leírás található például a korábbi amerikai Paladin Press kiadó (ISBN-számmal ellátott, legálisan megvásárolható) köteteiben, de az amerikai FM 5-25 Explosives and Demolitions robbantási szabályzatban is. A volt Magyar Néphadseregben 1971-ben kiadott, jelenleg is hatályos Mű/213 Robbantási utasítás is számítással egybekötött méretezést ismertet a saját készítésű kumulatív összpontosított és nyújtott töltetekről.

A cikk második felében az orosz Szalamahin professzor által közölt, a hasonlósági törvény felhasználásával történő kumulatív töltet-méretezésről olvashatunk, amely egy meglévő kumulatív töltet paraméterei alapján határozza meg egy új követelményeknek megfelelő töltet szükséges adatait. Először is tisztázza a töltet és a céltárgy főbb jellemzőit a töltet leírható geometriai jellemzői alapján (forma, méretek, a kúp és a köpeny anyaga és annak vastagsága), továbbá az alkalmazott robbanóanyag sajátosságainak figyelembevételével. A céltárgy jellemzőinél elégséges figyelembe venni a sűrűségét,

<sup>554</sup> Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 6. – Irányított energia. *Magyar Honvéd*, (1997e), 13. 28–29.

<sup>555</sup> Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 7. – A robbanás irányított hatásának katonai alkalmazása. *Magyar Honvéd*, (1997f), 28. 28–29.

<sup>556</sup> Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 8. – Speciális kumulatív töltetek. *Magyar Honvéd*, (1997g), 30. 32–33.

<sup>557</sup> Lukács László: Kumulatív töltetek készítésének lehetőségei, méretezésük néhány módszere. *Műszaki Katonai Közlöny*, (1997c), 3. 22–35.

<sup>558</sup> Lukács (1997c): i. m. 22.

a szilárdságát és a rugalmassági tulajdonságait. Ezeknek a tulajdonságoknak a jellemzőit, jelölésüket és az SI szerinti mértékegységét egy táblázatban foglalta össze.

5. táblázat: A kumulatív töltet és a céltárgy meghatározó jellemzői a tervezés szempontjából

| Tényező                                      | Jelölés        | SI szerinti mértékegység              |
|----------------------------------------------|----------------|---------------------------------------|
| 1. A töltet                                  | $\varphi$      |                                       |
| 1.1. Forma                                   |                | –                                     |
| 1.2. Befoglaló méret                         | R              | m                                     |
| 1.3. A betétkúp vastagsága                   | $\delta$       | m                                     |
| 1.4. A betétkúp anyagának sűrűsége           | $\rho$         | kg/m <sup>3</sup>                     |
| 1.5. A töltet külső köpenyének vastagsága    | $\bar{\delta}$ | m                                     |
| 1.6. A töltet külső köpenyének sűrűsége      | $\bar{\rho}$   | kg/m <sup>3</sup>                     |
| 1.7. Az alkalmazott robbanóanyag sűrűsége    | $\rho_0$       | kg/m <sup>3</sup>                     |
| 1.8. A robbanóanyag-réteg vastagsága         | $H_0$          | m                                     |
| 1.9. A robbanási behatolás kezdeti energiája | $Q_0$          | J/kg = m <sup>2</sup> /c <sup>2</sup> |
| 1.10. Detonációs sebesség                    | $D_0$          | m/c                                   |
| 2. A céltárgy                                |                |                                       |
| 2.1. Sűrűsége                                | $\rho_{ct}$    | kg/m <sup>3</sup>                     |
| 2.2. Szilárdsága                             | $\sigma_B$     | Pa = kg / m*c <sup>2</sup>            |
| 2.3. A hengersebesség                        | $a_1$          | m / c                                 |
| 3. A keresett értékek                        |                |                                       |
| 3.1. A behatolás mélysége                    | L              | m                                     |
| 3.2. A behatolás átmérője                    | d              | m                                     |

Forrás: Lukács (1997c): i. m. 1. sz. táblázat, 28.

A keresett értékek szempontjából a következő összefüggések lényegesek:

$$1. L = f_1 (\varphi, R, \delta, \rho, \bar{\delta}, \bar{\rho}, \rho_0, H_0, Q_0, D_0, \rho_{ct}, \sigma_B, a_1)$$

$$2. d = f_2 (\varphi, R, \delta, \rho, \bar{\delta}, \bar{\rho}, \rho_0, H_0, Q_0, D_0, \rho_{ct}, \sigma_B, a_1)$$

Mind a behatolás mélységét (L), mind pedig az átmérőjét (d) meghatározó függvényhez tartozik 13 mértékegységgel rendelkező és egy mértékegység nélküli tényező.

Átalakítva az összefüggéseket, 10 mértékegység nélküli tényezőt kaphatunk, ami egyébként egyenértékű az előző összefüggéssel.

$$1. \frac{L}{R} = \varphi_1 \left( \phi, \frac{\delta}{H_0}, \frac{\bar{\rho}}{H_0}, \frac{H_0}{R}, \frac{\rho}{\rho_0}, \frac{\bar{\rho}}{\rho}, \frac{\rho_{ct}}{\rho_0}, \frac{D_0}{a_1}, \frac{D_0^2}{Q_0}, \frac{\sigma_B}{\rho_{ct} * a_1^2} \right)$$

$$2. \frac{d}{R} = \varphi_2 \left( \phi, \frac{\delta}{H_0}, \frac{\bar{\rho}}{H_0}, \frac{H_0}{R}, \frac{\rho}{\rho_0}, \frac{\bar{\rho}}{\rho}, \frac{\rho_{ct}}{\rho_0}, \frac{D_0}{a_1}, \frac{D_0^2}{Q_0}, \frac{\sigma_B}{\rho_{ct} * a_1^2} \right)$$

Ha a modellezett és a tényleges töltet formája megegyező ( $\varphi$ ), és azonos robbanóanyagot

használunk hozzá  $\left( \frac{\rho}{\rho_0}, \frac{\bar{\rho}}{\rho_0}, \frac{D_0}{a_1}, \frac{D_0^2}{Q_0} \right)$ , akkor az azonos céltárgyra való ráhatásuk

$\left( \frac{\rho_{ct}}{\rho_0}, \frac{\sigma_B}{\rho_{ct} * a_1^2} \right)$  geometriai hasonlóság alapján meghatározható, vagyis a céltárgyba

való behatolás mélysége és átmérője olyan mértékben növekszik vagy csökken, amilyen mértékben növekszenek vagy csökkennek a töltet külső méretei. Ugyanez az összefüggés igaz az optimális eltartási távolságra (fókusz-távolság) is. Ezt követően a szerző egy táblázatban összefoglalja néhány kumulatív töltetnek (4 orosz és a magyar EKA-62) a számításához fontos adatát.

6. táblázat: A kumulatív összpontosított töltetek jellemzői

| Jellemzők                              | KZ-2   | KZ-5     | EKA-62   | KZ-6   | KZ-7     |
|----------------------------------------|--------|----------|----------|--------|----------|
| A kumulatív töltet tömege (kg)         | 14,7   | 12,5     | 12,5     | 3,0    | 6,5      |
| A robbanóanyag tömege (kg)             | 9,0    | 8,6      | 8,0      | 1,8    | 4,0      |
| Méreték (mm)                           |        |          |          |        |          |
| – átmérő (K)                           | 350    | 215      | 230      | 112    | 162      |
| – magasság                             | 240    | 280      | 276      | 292    | 272      |
| A behatolási mélység (L) / átmérő (mm) |        |          |          |        |          |
| – acélba                               | 300/-  | 450/30   | 350/25   | 215/-  | 285/-    |
| – vasbetonba                           | 1300/- | 1400/45  | 1400/45  | –      | 700/40   |
| – fagyott talajba                      | –      | 2000/180 | 2000/180 | 800/50 | 1300/180 |
| L/K értéke                             |        |          |          |        |          |
| – acél                                 | 0,86   | 2,1      | 1,52     | 1,9    | 1,76     |
| – vasbeton                             | 4,3    | 6,5      | 6,1      | –      | 4,3      |
| – fagyott talaj                        | –      | 9,3      | 8,7      | 7,1    | 8,0      |

Forrás: Lukács (1997c): i. m. 2. sz. táblázat, 29.

Ezt követően egy mintapéldán keresztül bemutatja a számítást egy olyan töltet megtervezésére, amely képes  $L = 200$  mm mélységű rést ütni egy páncéllemezben. Hasonlóképpen végezhető el a számítás a kumulatív nyújtott töltetek esetén is, amihez szintén bemutat segítségképpen egy táblázatot 3 meglévő töltet adataival.

Befejezésül a Haditechnikai Intézet műszaki harcanyagfejlesztő mérnöke, Diószegi Imre által javasolt kumulatív-töltet-méretezést mutatja be a közlemény.

A német Panzerfaust vállról indítható, hátrasiklás nélküli páncélelhárító rakétavető második világháborús alkalmazásáról már írtunk a korábbiakban. Lippai Péter a *Haditechnika 1997-es* számában a volt Német Szövetségi Köztársaságban az 1980-as években a reaktív páncéllal védett harckocsi ellen kifejlesztett *Panzerfaust 3* fegyvert mutatta be.<sup>559</sup> „Kettős funkciójú rakétalövedéke a célban a megfelelő hatást tudja kifejteni. Páncélozott, ill. nem páncélozott járművek és erődtítmények megsemmisítésére szolgál. Viszonylag kis távolságon (400 m) belül, helikopterek ellen csak korlátozottan alkalmazható (lebegő célnál viszont min. 12 m<sup>2</sup> alapterületű zárt helyiségből is lehet vele löni, amely tulajdonság szintén nem volt eddig jellemző a hasonló fegyverekre). A fegyver könnyen hordozható, tömege

<sup>559</sup> Lippai Péter: Panzerfaust 3. *Haditechnika*, 31. (1997), 3. 30–31.

nem éri el a 13 kg-ot. [...] A rakéta homogén páncélzat esetén 700 mm-es vastagságú páncélt képes átütni. Ez az érték összehasonlítható a Leopard 2 lövedékeinek átütőképességével.”<sup>560</sup>

A 44. M Buzogányvető páncéltörő rakétáról már szintén jelent meg tanulmány korábban. 2000-ben négy cikk is foglalkozott ezzel a magyar fejlesztésű, II. világháborús harceszközzel. Sárhidai Gyula közleménye,<sup>561</sup> valamint Hatala András kétrészes tanulmánya<sup>562</sup> további információkat közöl róla.

Ugyancsak Sárhidai Gyula írt cikket 2000-ben *A 44M Lidérc és a 44M Buzogányvető rakéta haditechnikai elsőségei* címmel.<sup>563</sup> Ebben bemutatja a Lidércet, amely „a világon a második levegő-levegő rakéta volt, és első abban, hogy a cél által működésbe hozott gyújtóval és hatást fokozó vegyi-repesz köpennyel rendelkezett”.<sup>564</sup> A Buzogányvető rakétáról újabb információként az alábbiakat közli. „Az üreges töltetű (kumulatív) robbanófej túlméretezett volt, amely Misnay József hadiműszaki törzskari őrnagy fejlesztése volt a Haditechnikai Intézetben. Ez 4,2 kg robbanóanyaggal 300 mm-es páncélzat vagy vasbeton átütését tette lehetővé. A csepeli WM Rt.-ben a gyártás 1944. december 20-án állt le, a gyártott darabszám 600-700 lehetett. Ezeket döntően a budapesti védőgyűrűben és az ostromlott városban vetették be. A fegyver minden létező harckocsi megsemmisítésére alkalmas volt. A Buzogánylövedék a világon az első ismert nehéz páncéltörő rakéta volt, 215 mm-es 4,2 kg-os töltettel és első volt hordozható kettős indítószerkezete is, melyet teherautó platójáról és földről is lehetett működtetni. Ezzel Magyarország a világ harmadik állama volt, a III. Birodalom és az Egyesült Államok után, amely bevethető páncéltörő rakétákat épített.”<sup>565</sup>

Szintén II. világháborús harcanyag volt a *német mágneses kumulatív akna*, amelyről 2001-ben írt cikket a *Haditechnika* folyóiratba Schmidt László.<sup>566</sup> A hivatalosan 1942 novemberében bevezetett akna alkalmazásának elterjedését igen nagy páncélatűrő képessége segítette. „Lényeges hátránya volt viszont, hogy alkalmazásához az ellenséges – gyakran mozgásban lévő – harckocsihoz egészen közel kellett menni, mert rögzítése csak így volt egészen biztos. A páncélon rögzítését három igen erős mágnes biztosította, az acél felületre felhelyezett robbanótest a mozgó harckocsiról sem esett le. Bevezetését olyannyira fontosnak tartották, hogy a fegyver használatára kiválogatott katonák kiképzését rejtve végezték. Titkosnak minősült a nyomtatott oktatási segédanyag is. Fél év elteltével (1943 közepétől) ezt a titkosítást feloldották, mert a fegyver létezése ekkorra már a front másik oldalán is ismertté vált. [...] A külön ehhez a fegyverhez készített gyújtószerkezet a korábbi típusoknál 4,5 mp késleltetéssel működött, a kupakja kék színű volt. Az 1943. május végétől szállított

<sup>560</sup> Lippai (1997): i. m. 31.

<sup>561</sup> Sárhidai Gyula: 44.M Buzogányvető páncéltörő rakéta. *Haditechnika*, 34. (2000), 4. 69–71.

<sup>562</sup> Hatala András: A magyar 44M Buzogánylövedék I. rész. *Haditechnika*, 34. (2000a), 2. 87–89. és A magyar 44M Buzogánylövedék II. rész. *Haditechnika*, 34. (2000b), 3. 64–67.

<sup>563</sup> Sárhidai Gyula: A 44M Lidérc és a 44M Buzogányvető rakéta haditechnikai elsőségei. *Haditechnika*, 35. (2001), 4. 83–86.

<sup>564</sup> Sárhidai (2001): i. m. 83.

<sup>565</sup> Sárhidai (2001): i. m. 86.

<sup>566</sup> Schmidt László: Harckocsik elleni, német mágneses kumulatív akna a második világháborúban. *Haditechnika*, 35. (2001), 4. 92–94.

fegyverekhez már 7,5 mp késleltetésű indítótöltetek tartoztak. Ezek lecsavarható fedelét már sárga színezéssel különböztették meg az előzőtől. A módosítás feltétlenül szükséges volt, mert a korábbi gyújtó 4,5 mp-es késleltetése nagyon kevésnek bizonyult ahhoz, hogy a töltetet felhelyezzék a mozgó harckocsira, beállítsák a gyújtót és fedezékbe ugorjanak. Ezért gyakran csak feldobták a mozgó harckocsi valamelyik vízszintes felületére. A módosított gyújtó lehetőséget adott arra is, hogy a már begyújtott töltetet helyezték fel a harckocsi valamelyik vízszintes vagy akár ferde páncéllemezére is.”<sup>567</sup> A kumulatív töltet 140 mm-es páncéllemez átütésére volt képes.

2004-ben, a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar által szervezett Haditechnika 2004. Nemzetközi Szimpóziumon tartott előadást Lukács László *A robbantás irányított hatása: a Munroe-effektus és a Misnay–Schardin-effektus a katonai gyakorlatban* címmel.<sup>568</sup>

2006-ban – még ha csak egy pillanatra is, de – feltámadt a múlt. A Magyar Honvédség tüzserészei időről időre találtak fel nem robbant 44 M Buzogányvető lőszereket is. Egy ilyenl végrehajtott *kísérleti robbantás tapasztalatairól* számolt be Hatala András a *Haditechnikában* 2010-ben.<sup>569</sup> A következőket írta: „2005-ben felvettem, hogy az akkor már évek óta a gyújtóhelyen őrzött kilőtt, de kigyújtózott buzogánylővedéket egy harckocsi céltárgyon átütési kísérlettel egybekötve semmisítse meg az MH IHTHE<sup>570</sup> alakulat. Az ötlet gyakorlati megvalósítását Kiss Róbert alezredes, mestertüzserész felkarolta, és személyes befolyását is latba vetve kivitelezte. Ennek a robbantási próbának az ismertetésével tisztelgek a tragikusan, tüzserészbaleset során elhunyt szakember előtt. Az utolsó 50 év tüzserészszakmai életében kimagaslóan a legnagyobb mester volt, és a korszerű tüzserészszakmai hozzáállás és ismeretanyag megalapozásán túl a ma aktív állomány kiképzése is az ő nevéhez fűződik. 2006. április 2-án a kísérlethez egy T-55 típusú célharckocsit szemeltünk ki. A kísérletet a rendelkezésre álló idő rövidsége miatt csak az oldalpáncélon hajtottuk végre. A kumulatív töltetet a páncélra merőlegesen, az eltartási távolságot biztosítva kellett elhelyezni. [...] A rakétát a harckocsi sárvető lemezére helyeztük, az oldalpáncéltól a ballisztikai süveg által megadott 142 mm-es távolságra. [...] A 78 mm-es oldalpáncélt játszi könnyedséggel átütötte a töltet. A bemeneti nyílás 53–55 mm, a kimeneti kb. 65 mm átmérőjű volt. A kumulatív sugár darabjai a harckocsiteknő átellenes falában is centiméternyi mélyedéseket vájtak. A tank vezetőterében hagyott szalma kigyulladt.”<sup>571</sup>

<sup>567</sup> Schmidt (2001): i. m. 92–93.

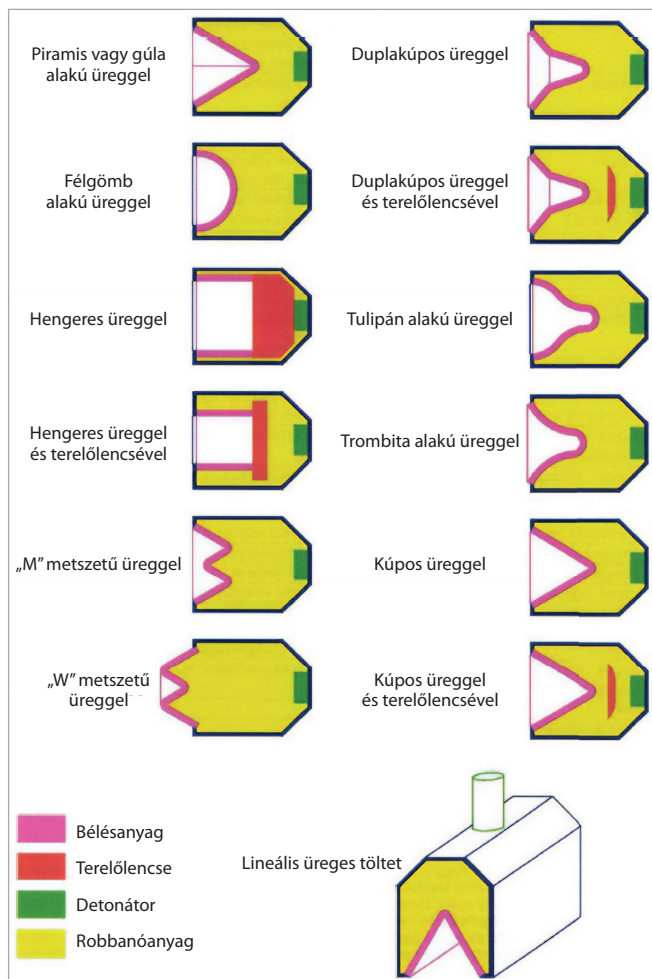
<sup>568</sup> Lukács László: *A robbantás irányított hatása: a Munroe-effektus és Misnay–Schardin-effektus a katonai gyakorlatban*. Előadás a Haditechnika 2004. Nemzetközi Szimpóziumon (ZMNE BJKMFK, 2004. április 19–20., Budapest), a prezentációval együtt megjelent a konferencia kiadványában (CD-n).

<sup>569</sup> Hatala András: Páncélátütési próba 44.M buzogánylővedékkel. *Haditechnika*, 44. (2010b), 1. 51–54.

<sup>570</sup> Magyar Honvédség 1. Honvéd Tüzserész és Hadihajós Ezred.

<sup>571</sup> Hatala (2010b): i. m. 53–54.

Hatala András egy négyrészes cikket is írt ugyancsak 2010-ben *Üreges töltetek* címmel.<sup>572</sup> Ennek fő témája Misnay József munkássága és a robbanással formált lövedék feltalálása, de kitér a kumulatív töltetekre is. A részletes 49. ábrát közli a különböző bélés-kúpokkal készült ilyen töltetekről. Az ábrán látható töltettípusok főbb jellemzőit egy táblázatban is összefoglalta. A cikkekről további részleteket a robbanással formált lövedékekkel foglalkozó alfejezetben mutatunk be.



49. ábra: Nagy sebességű lövedéket formáló robbanótöltetek fajtái

Forrás: Hatala (2010c): i. m. 75. 7. ábra.

<sup>572</sup> Hatala András: Üreges töltetek I. rész – Misnay József tevékenysége. *Haditechnika*, 44. (2010c), 2. 72–76.; II. rész – További összefüggések, fejlesztések, kutatások. *Haditechnika*, 44. (2010d), 3. 61–64.; III. rész – A második világháború alatt gyártott magyar üreges töltetek. *Haditechnika*, 44. (2010e), 4. 55–58.; IV. rész – A második világháború alatt gyártott magyar üreges töltetek. *Haditechnika*, 44. (2010f), 5. 63–67.



Ugyancsak a múltat idézi Hajdú Ferenc 2010-es kétrészes tanulmánya a *Haditechnikai Intézet páncélromboló rakétavető fejlesztéseiről az 1950-es években*.<sup>573</sup> A haditechnikai fejlesztés akkori viszonyairól az alábbi idézetből nyerhetünk képet. „A fejlesztési téma indításához alapot biztosítottak a második világháború alatti hazai kutatási eredmények. A Lidérc, a 44.M buzogányvető vagy a kumulatív aknák nemcsak a fejlesztői állománynak, hanem a hazai hadiiparnak is szolgáltatott elméleti és gyakorlati tapasztalatot. Bár a világháború pusztítása jelentősen visszavetette a szakképzett mérnökök, a fejlesztés és gyártás során használt gépek, műszerek mennyiségét, de szinte minden szakterületen maradt kapacitás egy fejlesztés és egy prototípus elkészítéséhez. Jelenleg nincs adat, hogy a régi HTI titkos rakétaszakosztályának egyetlen embere is részt vett volna az 1949 utáni munkákban. A névsorokból ez nem tűnik ki. Így a fejlesztés erőltetett módon valószínűleg előről indult.”<sup>574</sup> A rakétalőszer fejlesztése szintén 1949-ben indult azzal az elvárással, hogy képes legyen 130 mm jó minőségű páncél átütésére. „A rakéta fejlesztésében vett részt a lőszerosztály állományába tartozó Vinkler Mihály mk. hadnagy is. Alapvetően a kísérletek és vizsgálatok végrehajtása fűződik a nevéhez.”<sup>575</sup> A cikk második részében a feszített ütemű fejlesztések és az ezzel kapcsolatos sajnálatos kudarckok is bemutatásra kerültek. Egy, az 1950-es évek elején a Táborfalvai Lőkísérleti Állomáson végrehajtott kísérlet során történt balesetről ezt írja a szerző. „Néhány sikeres indítás és találat után a következő indítás pillanatában robbanás történt, és a füstfelhőből csak az látszott, hogy Vinkler főhadnagy eltűnt a gödör aljában. Kezdetben a gyújtó hibás működését valószínűsítették. A megtalált rakéta azonban gyorsan bizonyította, hogy a rakéta hajtóháza nyílt ki, és ez okozta a robbanást. Vinkler főhadnagy súlyosan megsérült. Több ujját csonkolta a robbanás, és néhány repeszt is kapott. A baleset a hajtóház anyagával történő kísérletezés miatt történt. A vékony falú rakéta stabilan repült, de a csőrobbanás veszélye nagy volt. A vastag falú rakéta jól bírta a gáznyomást, de farnehézzé válva röppályája instabil volt. Megfeszített munka folyt. A napközben elkészült tervek este kivitték a 133. Állami Vállalat Nagy Lajos király úti üzemébe, ahol éjjel elkészítették a kísérleti mintákat. Reggel az elkészült darabokkal indultak Táborfalvára végrehajtani a következő kísérletet. Mivel 1953-ra a nagy tapasztalatokkal bíró »horthysta« katonatiszteket már eltávolították a HTI-ből, a fiatal fejlesztők csak saját vizsgálati eredményeikre és kudarcaikra támaszkodhattak. Alapprobléma volt az elméleti megalapozottság és a tudományos ismeretek hiánya. A HTI-nek nem volt képzett ballisztikusa, matematikusa, aerodinamikusa, gázdinamikai szakembere, és szélcsatorna-kísérleteket sem végeztek.”<sup>576</sup> Aztán a Szovjetunióban megjelentek az RPG–2-es hátrasiklás nélküli páncélelhárító gránátvetők, így a magyar fejlesztés alatt álló „68 és 94 mm-es rakéták nem egyeztek a szovjet elképzelésekkel”. A cikkben egy sajnálatos nekrológot is olvashatunk. Az 1926-ban született *Vinkler Mihály*, a Haditechnikai Intézet kétdiplomás, többek

<sup>573</sup> Hajdú Ferenc: A Haditechnikai Intézet páncélromboló rakétavető fejlesztései az 1950-es években I. rész. *Haditechnika*, 44. (2010a), 5. 20–25.; II. rész. *Haditechnika*, 44. (2010b), 6. 14–18.

<sup>574</sup> Hajdú (2010a): i. m. 20.

<sup>575</sup> Hajdú (2010a): i. m. 25.

<sup>576</sup> Hajdú (2010b): i. m. 17.

között robbantástechnikai fejlesztőmérnöke 1964. október 19-én egy, a Gázgyár által tervezett kísérleti gázpalackkal végzett munka során, annak robbanása következtében életét veszítette.

A kumulatív töltetek gyakorlati alkalmazásáról jelent meg Lukács László cikke ugyancsak 2010-ben, a *Műszaki Katonai Közlönyben*.<sup>577</sup> A katonai alkalmazás bemutatása után az ipari robbantástechnika területén használt kumulatív töltetekre is kitér. „A nagymélységű fúrólukák (olajbányászat) termelő csöveinek perforálása már régóta elképzelhetetlen a kis méretű összpontosított kumulatív töltetek (ún. fűzér-perforátorok) nélkül. Az első ezzel a módszerrel kapcsolatos publikációt McLemore jelentette meg 1946-ban.<sup>578</sup> Ennek alapján, a Welex Jet Perforating Company fejlesztette ki az első, olajcsövek perforálására szolgáló kis méretű kumulatív tölteteket 1948-ban. Csak az érdekesség kedvéért jegyezzük meg, hogy az első perforátorokban üvegből készült bélésűkúpot alkalmaztak. A töltettel így nagy átmérő mellett, csak csekély mélységű behatolást értek el. A későbbiekben aztán az olajipari perforátorokban is a fém bélésűkúpokra tértek át.”<sup>579</sup>

A nagy méretű acélszerkezetek robbantását könnyítik meg a speciális lineáris vágótöltetek, amelyek a hagyományos robbanóanyag-töltetekhez képest minimális környezeti hatással képesek szinte sebészi pontosságú munkát végezni. Ezek közül a merev burkolatú Dynawell, továbbá a flexibilis brit HALEY&WELLER és a BLADE, valamint a cseh RAZOR Semtex vágótöltetcsaládot ismerteti részletesebben a közlemény.

Befejezésül két példát mutat be a vágótöltetek alkalmazásának előnyeit érzékeltetve a hagyományos robbanóanyag-töltetekkel szemben. „Egy 1 m széles, 50 cm vastag betonfal átütéséhez, külső szabadon felfektetett töltetek esetén, egy sor 200 g-os TNT-préstestet kell felhasználnunk, vagyis 2.0 kg-ot. A fent bemutatott HALEY&WELLER vágótöltet család D-105-ös tagja, mindezt 80 g robbanóanyaggal elvégzi.

Acélrobbantásnál is hasonló értékeket kapunk: egy 1000x10 mm-es acéllemezt, szintén egy sor 200 g-os TNT-töltettel, vagyis 2 kg robbanóanyaggal tudunk átütni. A flexibilis BLADE 240 töltet, ezt 240 g-mal képes végrehajtani, a RAZOR10 140 grammal. Az ugyancsak flexibilis Ferret töltetcsalád, 250 g/fm töltetű tagja 16 mm acél átütésére képes, a Dynawell LC53 szilárd (rézbéléses) töltet pedig, 53 g töltettömeggel éri el ugyanazt az eredményt.”<sup>580</sup> A bemutatott példák is a szerzőnek azt a véleményét támasztják alá, amely szerint: „Acélszerkezetek robbantásánál, úgy a szerkezetek robbantáshoz történő szerelési idejének csökkentése, mint a környezetkímélőbb robbantások végrehajthatósága okán, rendszeresíteni szükséges a flexibilis vágótölteteket.”<sup>581</sup> Csaknem tíz évvel később, 2009-ben valóban rendszeresítették a Magyar Honvédségben a Semtex® RAZOR 25 flexibilis lineáris vágótöltetet vastagabb (max 25 mm) acél- vagy páncéllemez, illetve beton (vasbeton) szerkezet robbantással történő vágására.

<sup>577</sup> Lukács (2010): i. m. 175–198.

<sup>578</sup> R. H. McLemore: Casing Perforating With Shaped Explosive Charges. *The Oil and Gas Journal*, 45. (1946), december 28. 268–271.

<sup>579</sup> Lukács (2010): i. m. 186.

<sup>580</sup> Lukács (2010): i. m. 193–194.

<sup>581</sup> Lukács (2010): i. m. 195.

*A lineáris vágótöltetek ipari alkalmazásával kapcsolatban tartott előadást*<sup>582</sup> két nagy tapasztalatokkal rendelkező szakember 2016-ban a Magyar Robbantástechnikai Egyesület 13. Fúrás-robbantástechnika Nemzetközi Konferenciáján. Dr. Kis Miklós fizikus és Kánnár Tibor egy szénhidrogénkút felett álló acélszerkezetű fúrótorony 1980-as években történt robbantásos döntése kapcsán szerzett tapasztalatait osztotta meg a hallgatósággal. A több mint 62 méter magas torony robbantása első kísérletre sikertelen volt, csak a második próbálkozás után dőlt le az építmény. A két szakember több mint 30 év után újból elemezte a történeteket, megosztva a ma dolgozó kollégákkal a következtetéseiket – mintegy okulásként – az akkori hibáról. A robbantáshoz a Bányászati Kutató Intézetben kifejlesztett FV-40 típusú vágótölteteket<sup>583</sup> használták, amelyek 1,5 kg/m specifikus töltetet, hexoplaszt<sup>584</sup> nevű robbanóanyagot tartalmaztak. A speciális töltet az ilyen robbantásoknál hagyományosnak számító töltetekhez képest jelentős mértékű robbanóanyag-felhasználási csökkentést eredményezett. „A döntés irányába eső tölteteket igyekeztünk úgy elhelyezni, hogy a töltetek az elvágni kívánt felületen egy-két cm-rel túl nyúljanak. Ezt azonban nem sikerült mindenütt biztosítani. Az egyes lábakon lévő töltetek nagyon pontos egyidejű indítása kívánatos volt, amit úgy tudtunk elérni, hogy az egy lábon lévő töltetekhez egyenlő hosszúságú robbanózsínórral csatlakoztunk, melyeket egy kötegbe összefogva egyetlen gyutaccsal kívántunk indítani. A döntés irányába eső négy töltetcsoporthoz természetesen pillanathatású gyutacsokkal szereltük, míg a két hátsó lábon lévő töltetcsoporthoz 1000 ms késleltetésű egy-egy gyutaccsal. A robbantás indítása után a torony állva maradt. [...] A megállt torony megtekintésekor a következőket láttuk: a döntés irányában lévő láb egyikén egy töltet nem működött. Az összes többi töltet elrobbant és mintegy 6-8 mm széles nyílást hozott létre, de szinte mindegyik vágás végén az acélláb vastagságának megfelelő cunder maradt vissza. Ugyanezek a cunderek fellelhetők voltak a hátsó lábakon is. Arra, hogy a vágás létrejötte közben, vagy rögtön ezt követően a kivágott rések összezáródni próbáltak volna, semmi jel nem utalt. Ennek ellenére akkor úgy gondoltuk, hogy a vágás megtörtént, a résben lévő acél felolvadt, de valamilyen ok miatt a rések szélein a már megolvadt acél visszamerevedett és nem engedte eldőlni a toronyt. Semmilyen magyarázatot nem tudtunk adni sem akkor, sem ma arra az egyetlen töltetre, mely látszólag felrobbant, de semmilyen hatást nem fejtett ki. Azokhoz a résekhez, ahol a cunderek voltak, újabb vágótölteteket helyeztünk el és megismételtük a robbantást. Ez a robbantás sikeres volt.” A vágótöltetek működési elvének vizsgálata hozta meg a magyarázatot a történetekre. „Vágótöltet esetén a jetet mintegy széthúzzuk a vágótöltet hosszában. Ennél azonban lényegesen nagyobb a különbség

<sup>582</sup> Kis Miklós – Kánnár Tibor: *A dobozi szénhidrogén kút felett álló fúrótorony robbantásos döntése*. Előadás a Magyar Robbantástechnikai Egyesület 13. Fúrás-robbantástechnika Nemzetközi Konferencián, Velence, 2016. szeptember 14–16. Megjelent a konferencia kiadványában CD-n.

<sup>583</sup> Az FV-40 töltet az OBF-Mk-62-80 műszaki követelményeinek előírásai szerint 8. sz. gyutaccsal vagy Nipentex robbanózsínórral indítható, üvegszövet vázas poliészter burkolatban félhenger alakú vörösréz betétrel készült kumulatív vágótöltet, 25 mm vágási mélységgel. Igények szerint 100–700 mm közötti hosszúságban készítették, a kész töltet darabolása tilos volt. A töltet tömege 1,45–1,0 kg/fm volt (lásd a 24/d. ábrát).

<sup>584</sup> Plasztikus anyaggal kevert kristályos hexogén, detonációsebessége 6400 m/s.

azzal, hogy itt az iniciálás egy ponton történik ugyan, de a robbanóanyagban létrehozott lökéshullám gömbhullám formában fut a vágótöltet tengelye mentén, melyet a vágótöltet fala részben visszaver, részben pedig átenged, és így fut a félbevágott rézcső betét felé. Mivel az iniciálás helye, és így a deformálódott gömb alakú lökéshullám közepe a töltet tetején van, a lökéshullám széle a töltet tetején előbbre van a réz betétnél, tehát a töltet végén a lökéshullám nagy része kiszaladhat anélkül, hogy a réz betétre hatna, azaz a töltet vége nem végez vágást. Ezt az effektust csak úgy tudjuk kiküszöbölni, ha a vágótöltetet a töltet teteje és a betét alsó széle közötti távolsággal hosszabbra vesszük, mint az elvágni kívánt felület. Ez a feltétel a dobozi fúrótoronynál nem történt meg, csak a második robbantás esetén.”<sup>585</sup>

Ugyancsak 2016-ban a *Seregszemle* című folyóiratban mutatta be Ember István a tűzszerész munka során alkalmazható, *helyszínen tölthető kis méretű kumulatív összpontosított töltet* fejlesztésével kapcsolatos eredményeit.<sup>586</sup> Egy aktuális tűzszerészfeladat során a különleges (például ködanyaggal töltött) fel nem robbant tűzéségi lőszerek mentesítésénél problémát jelent, hogy a robbantásos megsemmisítés során a ködanyag a levegővel érintkezve ködfejlésbe kezd. Ugyanígy az ingerlő, mérgező harcanyagokkal töltött robbanótestek hatástalanítása is csak elszeparált környezetben történhet. Az alakulat ARC-5 GT robbanásálló konténerében történő robbanószerkezet-hatástalanítással ez a feladat megoldható, de csak akkor, ha az ellenőrzött robbantás során nem képződnek repeszek, és maximalizált az egy tűzben felrobbantható robbanóanyag tömege is. Megoldást jelenthet, ha kis méretű kumulatív töltetekkel sikerül a robbanótest falát átütöni. A kumulatív töltettel kapcsolatban az alábbi követelményeket fogalmazta meg a szerző:

- „képesnek kell lennie különleges töltetű és mérgező harcanyaggal töltött robbanótestek
- falának átütésére: 20 mm acél;
- tömege TNT-egyenértéke nem haladhatja meg a robbanásálló konténerben egy tűzben robbantható maximum mennyiséget: 5 kg;
- viszonylag könnyen elkészíthetőnek kell lennie;
- helyszínen elkészíthetőnek kell lennie;
- rendszeresített plasztikus robbanóanyagból kell készülnie;
- rendszeresített gyutaccsal indíthatónak kell lennie;
- könnyen beszerezhető és olcsó anyagokból kell készülnie;
- biztonságosan alkalmazhatónak kell lennie.”<sup>587</sup>

A különböző kumulatív töltet-méretezési eljárások áttekintése után a szerző a Haditechnikai Intézet fejlesztőmérnöke, Diószegi Imre által javasolt módszert vette alapul, ebből kiindulva tervezte meg a PVC vízvezetékcsőből készült házba a robbanóanyagot a helyszínen betöltve kialakítható kumulatív összpontosított töltetét, egyelőre fém béléskúp

<sup>585</sup> Kis-Kánnár (2016): i. m. (a CD-n nem kerültek az anyagok lapszámozásra).

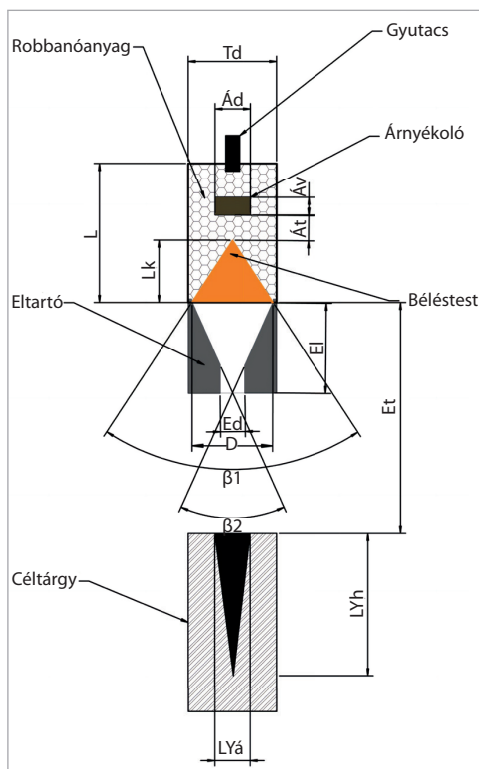
<sup>586</sup> Ember István: Alternatíva a tűzszerész szakfeladatok során alkalmazható kumulatív töltetekre. *Seregszemle*, 14. (2016. július–november), 3–4. 50–63.

<sup>587</sup> Ember (2016): i. m. 52.

nélkül. A részletes számításokat bemutató anyagban megtalálhatók a töltéshez szükséges formázó sablonok tervei is, valamint a töltet az elkészítési sorrendjével. A tanulmányt a tényleges (hatástalanított) tüzéségi lőszereken elvégzett kísérleti robbantások eredményeinek a bemutatása és az ezek alapján levont következtetések zárják.

A *Műszaki Katonai Közlöny 2017–2018-as számaiban* kísérhették végig az érdeklődők Kugyela Lóránd kumulatív töltetekkel kapcsolatos kísérleteit.

Az első közleményben<sup>588</sup> az üreges töltetek tervezési sajátosságaival és főbb paramétereivel foglalkozott a szerző. A kumulatív töltetek fejlődéstörténeti áttekintése után az üreges töltetek működésének elvi alapjairól olvashatunk. Az üreges töltetek méretezésének tárgyalásánál a töltet alábbi legfontosabb paramétereit mutatja be röviden (50. ábra).



50. ábra: A kumulatív töltet jellemzői

Forrás: Kugyela (2017): i. m. 203. 1. ábra.

Megjegyzés:  $T_d$ : A töltet átmérője;  $A_d$ : Árnyékoló átmérő;  $A_v$ : Árnyékoló vastagság;  $A_t$ : Árnyékoló távolság;  $L_k$ : Kúpmagasság;  $L$ : A töltet hosszúsága;  $\beta_1$ : A béléskúp szöge;  $D$ : A béléskúp átmérője;  $\beta_2$ : Az eltartó ellenkúpjának szöge;  $E_i$ : Az eltartó ellenkúpjának magassága;  $E_d$ : Az eltartó kilépő lyuk átmérője;  $D_k$ : A béléskúp átmérője;  $E_t$ : Eltartási távolság;  $LY_h$ : Lyukhossz;  $LY_a$ : Lyukátmérő

<sup>588</sup> Kugyela Lóránd: Üreges töltetek tervezési sajátosságai, főbb paramétereit. *Műszaki Katonai Közlöny*, 27. (2017), 4. 196–211.

A cikket az üreges robbanóanyag-töltetek lehetséges hibáinak bemutatásával zárja. Ezen belül a robbanóanyagra visszavezethető hibáknál említi a régi gyártást és a lejárt szavatosságot, valamint a raktározási, szállítási és csomagolási rendellenességekből fakadó mechanikai sérüléseket. A béléstestre visszavezethető hibák között említi annak nem homogén szerkezetét és aszimmetriáját. Az öntéssel készült kumulatív tölteteknél problémát okozhatnak a robbanóanyagban keletkező zárványok, a robbanóanyag és a töltettest kontaktzónáinak problémái, a robbanóanyagtestben vagy a test és a robbanóanyag között kialakuló repedések, a gyártási fegyelem be nem tartásából, hibás gépészetből, illetve gyártási környezetből bekerülő szennyeződések, és végül az olvadék túl gyors vagy aszimmetrikus hűtése miatt kialakuló légrések.

Kugyela Lóránd második cikke a *kis méretű, öntött robbanóanyagból készült üreges töltetekkel kapcsolatos gyártási kísérleteiről* szól.<sup>589</sup> Ezen belül a kumulatív töltetekben legtöbbször alkalmazott öntött robbanóanyagok alapanyagainak (TNT, hexogén, valamint ezek keverékei) és azok tulajdonságainak bemutatása után részletesen ismertette a kísérleti robbanóanyag-öntési eljárásait.

Kugyela harmadik cikkében a *plasztikus, továbbá az öntött és préselt robbanóanyagból készült, kis méretű kumulatív töltetekkel végzett összehasonlító vizsgálatokkal* ismerkedhetünk meg.<sup>590</sup> Az eredmények kiértékelése után készült oszlopdiaagramok és táblázat alapján az alábbi főbb következtetéseket vonta le a szerző:

- „a préselt töltetek kimagasló teljesítményt értek el;
- az árnyékoló betét pontos tervezés nélkül nem hoz magasabb teljesítményt;
- az alumíniumtartalmú plasztikus robbanóanyagból készült kumulatív termék súly- és teljesítményaránya elég jónak mondható;
- amennyiben célfeladatra kell gyártani üreges töltetet, akkor plasztikus robbanóanyag az ideális választás (tűzszerész, katasztrófavédelmi, illetve civil és katonai műszaki feladatokra – akár hosszú élettartalmú gyártmány szinten – kifejezetten előnyös a plasztikus robbanóanyag);
- az öntéssel készült termékek kétségtelenül nagy energiasűrűségű termékek a teljesítmény vonatkozásában, de nagyon komoly odafigyelést, szakmai felkészültséget igényel a gyártásuk;
- a töltettömeg növekedése nem feltétlenül arányos a teljesítménnyel, a titok sokkal inkább a hangolásban és a technológiai elemekben rejlik (a konstrukció és gyártási minőség fontosabb, mint a tömeg);
- az árnyékoló betét a lyukátmérő rovasára növeli a lyukhosszt;
- nagyobb tömeg, nagyobb bemeneti nyílás méretet produkál, adott D mellett.”<sup>591</sup>

<sup>589</sup> Kugyela Lóránd: Kisméretű, öntött robbanóanyagból készült üreges töltetek gyártása kísérleti célból. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28. (2018a), 1. 39–48.

<sup>590</sup> Kugyela Lóránd: Különböző robbanóanyagból készült kisméretű kumulatív töltetek teljesítményének összehasonlító vizsgálata. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28. (2018b), 3. 280–298.

<sup>591</sup> Kugyela (2018b): i. m. 297–298.



Végkövetkeztetése szerint: „nagy szabad fejlesztési tér létezik a kis méretű robbanótestek gyártásában és kutatásában. Gyakorlati vizsgálatukra az azonos robbanási körülmények között történő kísérletek nagyon jól mérhető eredményeket hoznak, amelyek alkalmasak a különböző brizáns robbanóanyagok adott feladatra történő alkalmazhatóságának megfigyelésére.”<sup>592</sup>

Ember István a *Műszaki Katonai Közlöny*-ben jelentetett meg egy cikket 2022-ben, *Modern kumulatív töltetek méretezésének lehetőségei* címmel.<sup>593</sup> A tanulmány összefoglalójában az alábbiakat írta a szerző. „A cikkben vizsgálat alá veszem a lehetséges méretezési eljárásokat, amelyek segíthetik egy modern kumulatív töltet kialakítását. A hagyományos eljárások alapvetően fém béléstestekkel szerelt töltetekre vonatkoznak, de részben megfelelőek lehetnek. A korábbi kutatások, amelyek során különböző polimereket és kompozitokat vizsgáltak, jó alapjai az elemzésnek. A kutatók eredményeiben azonban található néhány ellentmondás, amelyek tisztázása kulcsfontosságú lehet a további lehetőségek tükrében. Az elemzés során meghatároztam azokat az anyagokat, amelyek szintén további vizsgálat részét fogják képezni egy modern, a tűzszerész szakfeladatokhoz alkalmas kumulatív töltet kialakításakor.”<sup>594</sup> A közleményben olvashatunk a volt Haditechnikai Intézet fejlesztőmérnöke, Diószegi Imre által javasolt méretezési eljárásról, valamint az orosz Szalamahin professzor módszeréről, amelyben egy már meglévő és megfelelő teljesítményű kumulatív töltet főbb paraméterei ismeretében, a hasonlósági törvények alapján méretez egy új feladatokhoz megfelelő töltetet. A klasszikus méretezési eljárások közül a Cooper-féle módszerrel ismerkedhetünk még meg. A cikk második részében, az eddig főleg fémből készült kumulatív béléstestek helyett, a műanyagok és kompozitok alkalmazási lehetőségeit vizsgálja a szerző. Zárógondolatai szerint: „Az adatok igazolják [...], hogy lehetséges 3D nyomtatóval hatékony kumulatív töltetet méretezni. Az is látszik, hogy a fém béléstesttel rendelkező töltetek méretezési eljárásai csak részlegesen alkalmasak kompozit vagy műanyag változatok kialakítására. [...] A továbbiak során érdemes lehet a méretezési paramétereket az alkalmazott robbanóanyagok tekintetében is felülvizsgálni. Ilyen értelemben a bináris robbanóanyagok alkalmazása izgalmas terület lehet, mert kiküszöbölheti a helyszíni töltésben rejlő hibafaktorokat, mint a plasztikus robbanóanyag nem megfelelő réskitöltése a töltetben.”<sup>595</sup>

Ugyancsak Ember István a szerzője egy, a Doktoranduszok Országos Szövetsége Hadtudományi Osztályának 2022-es tanulmánykötetében megjelent cikknek, amelyben a *kumulatív töltetek tűzszerész szakfeladatok* során történő alkalmazási lehetőségeit elemezte.<sup>596</sup> A kumulatív hatás felfedezésének és fejlődéstörténetének bemutatása

<sup>592</sup> Kugyela (2018b): i. m. 298.

<sup>593</sup> Ember István: Modern kumulatív töltetek méretezésének lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32. (2022b), 1. 5–15.

<sup>594</sup> Ember (2022b): i. m. 5.

<sup>595</sup> Ember (2022b): i. m. 14.

<sup>596</sup> Ember István: Kumulatív töltetek alkalmazási lehetősége tűzszerész szakfeladatok során. In Szelei Ildikó (szerk.): *A hadtudomány és a 21. század – 2022*. Tanulmánykötet. Budapest, Doktoranduszok Országos Szövetsége Hadtudományi Osztály, 2022a.

után a kumulatív hatás modellezéséről olvashatunk az anyagban. A kumulatív összpontosított tölteteket vizsgálva Ember bemutatja a töltetek felépítését, alkotóelemeit, részletezve azok szerepét a kumulatív hatás kialakulásában. A tanulmány végén a tűz-szerészfeladatok során történő alkalmazásuk lehetőségeit vizsgálja, és az alábbi területeket jelöli meg:

- „hagyományos robbanótestek gyújtószerkezetének működésképtelenné tétele;
- improvizált robbanótestek részeinek működésképtelenné tétele;
- vegyi töltetű robbanótestek gyújtószerkezetének működésképtelenné tétele;
- hagyományos robbanótestek töltetének ellenőrzött elműködtetése, főként kiégetéssel vagy deflagrációval;
- improvizált robbanótestek töltetének ellenőrzött elműködtetése, főként kiégetéssel vagy deflagrációval;
- vegyi töltetű robbanótestek esetén az eszköz falának kilyukasztása a harcanyag mentesítése céljából.”<sup>597</sup>

A cikk végén a szerző további kutatási területeként a műanyag bélésű kúppal készült kumulatív összpontosított töltetek hatásfokának vizsgálatát jelöli meg, „mert várhatóan csökkenthető velük a robbanótestekbe behatolás utáni iniciálási képesség, valamint könnyen elkészíthető és adott feladatra optimalizálható tölteteket kapunk”.<sup>598</sup>

Ember István további tanulmányokat is közreadott a 3D nyomtatással készített kumulatív bélésű kúppal és az ezekből készített kumulatív összpontosított töltetekkel végzett kísérleteinek eredményeiről.

A *Műszaki Katonai Közlöny*ben megjelent, *Hatásvizsgálati robbantás kumulatív töltetekkel* című cikkében a politejsav alkalmazásával készült nyomtatott bélésű kúppalokat vizsgálta több méretben készült töltetekkel és eltartási távolságokkal. A tapasztalatokat így öszegezte: „A vizsgálatok alapvetően elérték a céljukat, bár egyes részeredmények a várakozásunkon alul alakultak. A 30 mm-es töltetek nem tudták átütni a 25 mm-es céltárgyat, bár ez csak néhány mm-en múlt, tehát határértékközel eredményről beszélhetünk.

A fenti sikertelenség mellett azonban kijelenthető, hogy a többi töltet képes volt teljes átütést létrehozni, és a penetráció megfelelt az elvárásoknak átmérő és alak tekintetében. Jól beazonosítható, hogy a kisebb eltartások esetén homogénebb szerkezetű lyuk alakult ki a céltárgyakban. A nagyobb fókusz távolság esetén is egyértelműen azonosítható a teljesítmény, de a lyuk keresztmetszeti felépítése jelentősen változó volt. [...] [T]ovábbiakban abban az irányban fogjuk folytatni a vizsgálatokat, hogy a céltárgy anyagvastagsága és anyagminősége egyaránt megegyezzen a felhasználási területen lyukasztani tervezettekkel. Ennek érdekében például a katonai vonalon gya-

<sup>597</sup> Ember (2022a): i. m. 14.

<sup>598</sup> Ember (2022a): i. m. 15.

korló – pirotechnikai és robbanóanyag-mentes – gránátokon tervezünk vizsgálatokat folytatni.”<sup>599</sup>

A *Haditechnika* folyóiratban megjelent cikkében már az ezeken a gyakorló 10,5 cm-es magyar repeszromboló és 122 mm-es szovjet repeszromboló tűzérési gránátokon végzett kísérleteiről olvashatunk, ugyancsak politejsav (PLA – Polilactic Acid) alapanyagból nyomtatott kumulatív kúpokkal szerelt töltetekkel. Az eredményeket ennyiben foglalta össze: „Az elvégzett tesztek igazolták a töltetekkel kapcsolatos elvárásokat. Mindkét változat képes volt két jelentősen eltérő, közepes űrméretű tűzérési gránát kilyukasztására. [...] A továbbiakban fejlesztendő területnek tartjuk a kupakmenetes vagy bajonettzáras rögzítésének kialakítását.”<sup>600</sup>

A *Hadmérnök* folyóiratban *Ember István Ádám Balázssal* közösen írt a kumulatív töltetházak 3D nyomtatásával kapcsolatos kísérleteikről. „Tanulmányunkban megvizsgáljuk a lehetőségeit a töltetházak 3D nyomtatásának, ezzel bemutatva egy 21. századi lehetőséget. A vizsgált nyomtatási lehetőségek megmutatták, hogy az alkatelemek megfelelő minőségű tervezéséhez jártasságszintű tervezőprogram-ismeret szükséges. A nyomtatások során több esetben nehézségekbe ütköztünk, de sikerült elérni a kitűzött célokat és kinyomtatni több változatban kumulatív töltet-házat. A gyártás idő- és anyagigénye igazolja, hogy ennek a módszernek van létjogosultsága a hadi és ipari alkalmazás során.”<sup>601</sup>

A *Ludovika Egyetemi Kiadó* gondozásában megjelent tanulmánykötetben is megjelent *Ember Istvánnak* egy, a kutatott témájával kapcsolatos tanulmánya. Ennek bevezetőjében az alábbiakban foglalta össze munkája célkitűzését. „A tüzserész katonák életveszélyes hivatása tehát megfelelő indoka lehet a különböző fejlesztéseknek, amelyek magas színvonalú eszközöket eredményeznek. [...] Mivel a Magyar Honvédség (MH) tüzserészállománya a hazai közszolgálati feladatai mellett – amelyeket kormányrendelet szabályoz – külföldön többnemzeti feladatok végrehajtásában is részt vehet, tevékenységük és alkalmazott eszközeik fejlesztése pedig több fontos kitűzött kutatási iránnyal is egybeeshet. Ezek mentén az országvédelem, a nemzetközi válságkezelés, a békefenntartás és a terrorizmus elleni harc egyes területeihez kapcsolódhat minden fent jelzett tevékenység. Mindezek alátámasztják, hogy fontos foglalkozni ezekkel a kérdésekkel. A 3D nyomtatás alkalmazása ezen a területen hordozhat előnyöket, és a korábbi eredmények is biztatók a hatékonyságukkal kapcsolatban. Éppen ezért ideje, hogy a hadi alkalmazás tekintetében levonjuk a megfelelő következtetéseket. Jelen tanulmányban az ilyen technológiával készült kumulatív töltetek – a robbanóanyag nélküli töltetházak és béléstestek – konkrét célfeladatra történő optimalizálásának elvi lehetőségeit vizsgálom meg. Mindezt azzal a feltételezéssel,

<sup>599</sup> Ember István: Hatásvizsgálati robbantás kumulatív töltetekkel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32. (2022c), 3. 23.

<sup>600</sup> Ember István: Modern kumulatív töltetek hatékonyságának vizsgálata. *Haditechnika*, 56. (2022d), 6. 15–20.

<sup>601</sup> Ember István – Ádám Balázs: Kumulatív töltetházak 3D nyomtatása. *Hadmérnök*, 17. (2022), 3. 36.

hogyan van létjogosultságuk az egyes feladatokhoz konkrétan hozzászabott tölteteknek a tűzszerész-szakfeladatok során.”<sup>602</sup>

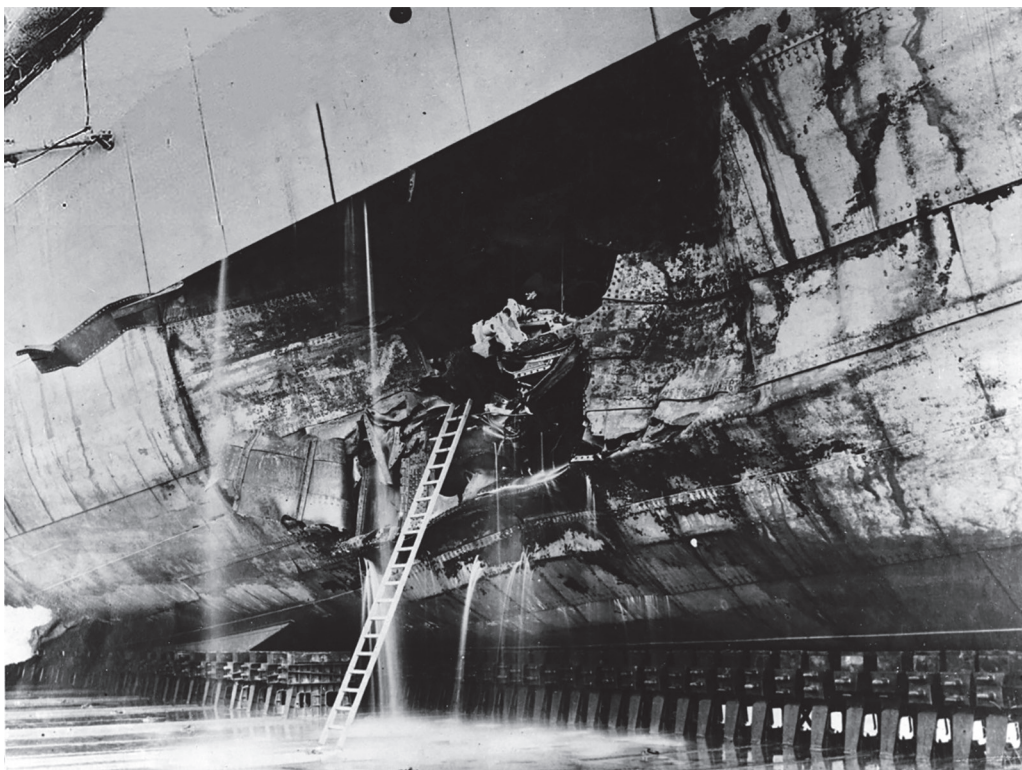
A Magyar Robbantástechnikai Egyesület 2022. szeptember 15-én tartotta a *Fűrés-Robbantástechnika Nemzetközi Szimpóziumát*. Ezen Ember István nagy figyelmet keltő előadás keretében mutatt be a kumulatív béléskúpok 3D nyomtatása terén folytatott kísérleti fejlesztéseinek eredményeit. A rendezvény kiadványában olvasható cikkének bevezetőjében így foglalta össze munkáját. „A 3D nyomtatók remek lehetőséget biztosítanak a mérnököknek, hogy a megálmodott alkatrészeket, eszközöket gyorsan, olcsón elkészíthessék. De nemcsak a fejlesztésben van jelentőségük. Amikor a beszerzés nehézkessé válik valamilyen elszigeteltség miatt, vagy kis sorozatban készült termékekről van szó, szintén ez a technológia kerül előnybe. A kis méretű kumulatív töltetek alkatrészeinek elkészítése 3D nyomtatással egyszerű és olcsó lehetőség a szakemberek kezében. Mindezekon túl a fémmentes töltetek is képesek megfelelő teljesítményre a fém céltárgyak átütésében.”<sup>603</sup>

### 3.2.4. Kumulatív töltetek és a torpedók

A fejezet elején láttuk, hogy a kumulatív hatás felfedezése a hadihajók fejlődésének ellensúlyozásaként kifejlesztett torpedókkal összefüggésben végzett kísérletek „mellékterméke” volt. Befejezésként vizsgáljuk meg, hogy ezek a kumulatív töltetek felhasználásra kerültek-e a tengeri hadviselés harceszközeiben. A legutóbbi időktől eltekintve a nemleges válasz két okból kifolyólag is egyértelmű. Egyrészt a kumulatív hatás létrejöttének alapvető feltételeként megállapítottuk, hogy kumulatív sugár (jet) kialakulásának időpontjában nem kerülhet eléje semmilyen akadály, továbbá a környező közeg sűrűségének jelentősen kisebbnek kell lennie a robbanási gáztermékek sűrűségénél. Ebből következően ilyen hatás csak akkor figyelhető meg, ha a töltet robbanása a szabad levegőn vagy erősen ritkított közegben következik be. Víz vagy föld alatti robbantásnál a környező közeg megakadályozza az összetartó robbanásigáztermék-sugár kialakulását. Ezeket a feltételeket pedig elég nehéz teljesíteni egy víz alatti támadóeszköz esetén. Másrészt habár a kumulatív sugár a töltet tömegéhez képest jelentős páncélatütési képességgel rendelkezik, az áthatoló nyílás átmérője olyan kicsi, hogy az ily módon sérült hadihajó elsüllyesztésére kicsi lenne az esély. Ezért a torpedók fejlesztése két irányban folyt tovább: a minél nagyobb hatású robbanóanyagok fejlesztése és az egyre nagyobb tömegű tölteteket célba juttatni képes torpedótestek gyártása. Az I. világháború alatt a német SMS Seydlitz csatacirkálót ért torpedótálat (51. ábra) eredménye magáért beszél.

<sup>602</sup> Ember István: Célfeladatra készített kumulatív töltetek kialakításának vizsgálata. In Szelei Ildikó (szerk.): *A hadtudomány aktuális kérdései 2022*. Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó (2022e). 13–28.

<sup>603</sup> Ember István: 3D nyomtató alkalmazási lehetősége egyes speciális robbantási feladatoknál. *Fűrés-Robbantástechnika Nemzetközi Szimpózium Különkiadás 2022*. Budapest, Magyar Robbantástechnikai Egyesület, 2022f. 75–83.



51. ábra: Az SMS Seydlitz csatacirkáló a szárazdokban az 1916-ban kapott torpedótalálat után

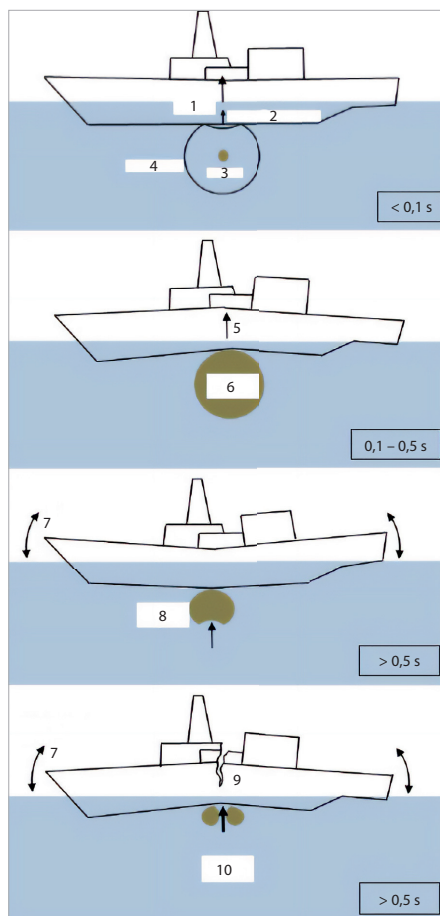
Forrás: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Seydlitz\\_torpedo\\_damage.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Seydlitz_torpedo_damage.jpg)

A fejlesztés tovább folyt mind a hadihajókat, mind a torpedókat gyártók oldalán. A II. világháborúban a német Bismarck és Tirpitz csatahajók 320 mm-es oldalpáncéljának már 250 kg trotil robbanásának is ellen kellett állnia. Amire senki sem számíthatott: az 1941. májusi tengeri csata során a Királyi Haditengerészet 1930-ban tervezett kétfedeles Fairey Swordfish torpedóbombázója a Mark XII. típusú, 18 inch-es ( $\varnothing$  450 mm), 1548 font (702 kg) tömegű torpedójának 388 fontos (176 kg) TNT-töltetével a Bismarck bal kormánylapátját tette használhatatlanná. Így az irányíthatatlanná vált hajó szabad prédát jelentett a brit Hood csatahajó korábbi elsüllyesztéséért bosszút álló Királyi Haditengerészet és Légierő számára.

A japán haditengerészet a világ két legnagyobb csatahajójának, a 263 m hosszú és 39 m széles Yamatónak és a Musashinak az építéskor már az amerikai Mark 13 torpedók 600 fontos (272 kg) TNT-robbanófejeivel számolt, ezért azok 408 mm-es övpáncéllal készültek. Az első csatákban sikerült is „túlélniük” a torpedótámadásokat. Aztán a Musashit 1944. október 24-én, a Fülöp-szigetek visszafoglalásáért folytatott csatában az Avenger torpedóbombázók már az új, Torpex robbanóanyaggal felszerelt Mark 13-as torpedókkal támadták, amelyeknek a hatóereje a TNT másfélszerese volt. A csata során a hajó hét óra alatt 20 torpedó- és 17 bombatalálatot kapott, és elsüllyedt. A hadihajók



elleni harchoz kifejlesztett hatalmas hatóerejű lövegeit egyszer sem használhatta repülőgépeknél nagyobb ellenféllel szemben. A Yamato 1943 decemberében valóban túlélte egy – még TNT-fejjel rendelkező – torpedó találatát. A javítást követően a Leyte-öbölnél 1944 októberében vívott csatában 104 gránátot kilöve elsüllyesztett egy amerikai kísérő-repülőgéphordozót és két rombolót. Aztán 1945 áprilisában, az okinavai csatában öngyilkos küldetésre küldték (a visszaútra már üzemanyagot sem kapott). A szigetet azonban nem érte el, az amerikai repülőek kétórás támadás során 10 torpedóval és öt bombával találták el, és elsüllyesztették.



52. ábra: A robbanási lökéshullám keltette gázbuborék hatása a hajótestre (1 – a lökéshullám kezdősebessége; 2 – a hajótestre ható erő; 3 – lökéshullám; 4 – légbuborék; 5 – megemelkedő hajótest, meghajló hajógerinc; 6 – a légbuborék tágulása; 7 – a hajó far- és tatrészének ostorcsapásszerű ellenhatása; 8 – összeomló légbuborék; 9 – a hajótest törése; 10 – a vízszugár betörése a hajótestbe)

Forrás: J. Smith Malcolm – Julian J. Lee: *Ship-Like Target Design for Underwater Explosion Experiments*. Defence Research and Development Canada, Scientific Report DRDC-RDDC-2017-R096, 2017. Figure 1. [https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc284/p805694\\_A1b.pdf](https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc284/p805694_A1b.pdf)



A további torpedófejlesztéseknél már a víz alatti robbanás során keletkező gázbuborék hajótestekre gyakorolt pusztító hatásával is számoltak. A megfelelő gyújtószerkezettel a hajó közepe alatt, adott mélységben robbantott töltet által képződött buborék az úszótestet megemelve kettétöri, majd a robbanás negatív fázisa teszi teljessé a pusztítást (52. ábra). Ezért aztán a jelenleg is alkalmazott torpedók nagy része továbbra is hagyományos, bár megnövelt tömegű és hatóerejű robbanóanyagot tartalmazó szerkezet, mint például az amerikai 650 font (292,5 kg) PBXN–103 robbanóanyag<sup>604</sup> töltetű Mk 48 Mod 5 ADCAP. Az új robbanóanyag hatóereje 544 kg TNT hatóerejének felel meg.

Az utóbbi időkben azonban már megjelentek – a tengeralattjárók ellen alkalmazható – kumulatív fejes könnyű torpedók is. Az amerikai MK 50 és a francia–olasz közös fejlesztésű MU 90 IMPACT robbanóanyaga a mindössze 100 font (45 kg) tömegű, speciális műanyagkötésű PBXN–110.<sup>605</sup>

### 3.3. Robbanással formált lövedék<sup>606</sup> – a Misnay–Schardin-effektus

A kumulatív tölteteknél azt láttuk, hogy a robbanóanyag-töltetben készített üreget fémburkolattal ellátva és a robbanószerkezetet a céltárgytól optimális, ún. fókusz távolságban elhelyezve a robbanási energia koncentrációja révén a belés anyagából keletkező, akár több tíz km/s sebességű fém sugar (jet) nagy vastagságú szerkezetek átütésére képes viszonylag kis átmérőben. Az ilyen rendszerű robbanószerkezeteknek egy „hátránya” van: csak néhány tíz centiméteren belül hatásos, ezt követően a jet darabokra szakad, és hatástalan marad.

*Czapek Béla*, a Haditechnikai Intézet – többek között műszaki harcanyagokkal foglalkozó – kiváló fejlesztőmérnöke egy 1967-ben írt cikkében<sup>607</sup> így foglalta össze a jelenséget: „Elméletileg tisztázott folyamat a kúpos üregű kumulatív töltetek működése. A mintegy 105 kp/cm<sup>2</sup> robbanási nyomás hatására a beléskúp fokozatosan összenyomódik és folyékonnyá válik. Eközben a betétkúp belső részéből igen nagy sebességű (7-10 km/sec) sugár lép ki. A sugár hegyének sebessége rendszerint meghaladja a robbanóanyag detonációs sebességét. A sugár tömege a belés teljes tömegének alig egyötöd része, átmérője pedig néhány milliméter csupán, de hossza nagy lévén, keresztmetszeti terhelése rendkívül nagy. Ez a sugár üti át a páncélt. Az említett nagy sebességű sugáron kívül a betétkúp külső részén egy kb. 1 km/sec sebességű sugár alakul ki, mely az előbbi sugár hátsó részéhez csatlakozik. Ezáltal az együttes sugár tovább húzódik szét, s így a keresztmetszeti terhelés még inkább növekszik. Ez a magyarázata annak,

<sup>604</sup> PBXN–103: 40% ammónium-perklorát, 27% alumíniumpor, 23% trietilén-glikol-trinitrát (TMETN) és egyéb adalékanyagokból készült, műanyagkötésű (Polymer-Bonded Explosive) robbanóanyag.

<sup>605</sup> PBXN–110: 88% oktogén (HMX) és 12% R45 típusú hidroxilvégződésű polibutadién (HTPB) tartalmú robbanóanyag. Detonációsebessége 8390 m/s.

<sup>606</sup> A szakirodalom EFP – Explosive Formed Projectile/Penetrator néven említi.

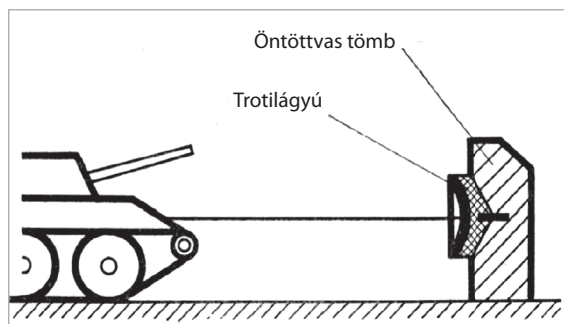
<sup>607</sup> Czapek Béla: Robbanóanyaggal gyorsított nagy sebességű lövedékek. *Haditechnikai Szemle*, (1967), 2. 46–49.

hogy a legnagyobb átütő teljesítmény a töltettől bizonyos távolságban lép fel. A szóban forgó távolságot emelési magasságnak nevezzük. Ha ez túlságosan nagy, akkor a sugár egyes részei szétszakadnak és szétrepülnek a sebességkülönbségek miatt. A lövedék hatása ilyenkor számottevő mértékben csökken. Ezek szerint tehát az adott nyílásszögű kúphoz meghatározott optimális emelési magasság tartozik, s ezen a távolságon adja a kumulatív töltet a legnagyobb páncélátütést. A gyakorlatban 30-70°-os nyílásszögűek a kúpbélések, de a páncélátütés szempontjából a nyílásszög nagysága e határok között csaknem elhanyagolható. Leginkább elterjedt az 50° körüli bélés-kúpok használata, mert ezzel a nyílásszöggel a legkedvezőbb a robbanóanyag-súly és az emelési magasság.”<sup>608</sup>

A szerző ezt követően bemutatja a *robbanással formált lövedék kialakulásának* történetét. „Ha a kúpos töltetek nyílásszögét növelik, akkor csökken a kumulatív lövedék sebessége, és a sugárhatás fokozatosan megszűnik. Egy bizonyos nyílásszögön túllépve kapjuk a robbanóanyaggal gyorsított nagy sebességű lövedéket. Ez a lövedék ugyan a kumulatív töltetek technikájához sorolható, de emellett önálló eszköznek is lehet tekinteni. Ezek szerint eljutottunk a kumulatív hatás már említett másik szélső esetéhez, amikor  $\alpha = 180^\circ$  és a kúp sík lappá válik. E töltetek fejlődése az úgynevezett lapos tányérból indult ki, melyet első ízben mintegy negyed századdal ezelőtt a magyar Misnay József javasolt és a gyakorlatban ki is próbált. Ezt a jelenséget Németországban Hubert Schardin és munkatársai szélesebb körű kísérletekkel és elméletileg vizsgálták, ezért a nyugati szakirodalomban többnyire Schardin–Misnay-féle jelenségről beszélnek. Misnay arra törekedett, hogy olyan robbanóanyaggal gyorsított nagy sebességű lövedéket alakítson ki, amellyel több száz méter távolságra tud leadni nagy páncélátütő képességű irányzott lövéseket. A kísérletek céljaira nagy öntöttvas tömböt készítettek. E tömbnek az volt a rendeltetése, hogy a visszahatás energiáját felfogja. Ennek üregébe helyezték a lapos alumíniumtányérral bélelt trotiltöltetet [53. ábra], amellyel valóban sikerült célzott lövéseket leadni, de a remélt eredményt nem érték el. Misnay az eszköznek, amellyel a lövedék irányát kb.  $1^\circ$  pontosságai előre be lehet állítani, a »trotilágyú« elnevezést adta, Németországban a hasonló berendezést »Sprengstoffkanone« (robbanóanyagágyú) néven ismerik.”<sup>609</sup>

<sup>608</sup> Czapek (1967): i. m. 46.

<sup>609</sup> Czapek (1967): i. m. 47.



53. ábra: Misnay-féle „trotilágyú”

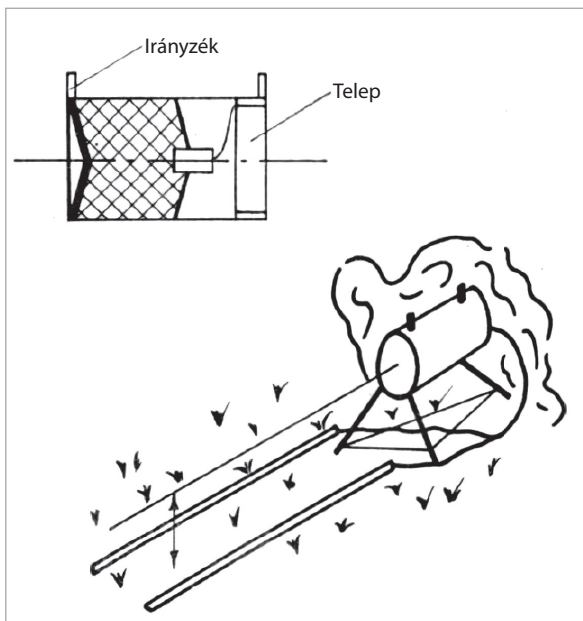
Forrás: Czapek (1967): i. m. 47. 5. ábra.

„A trotilágyú esetében olyan nagy sebességgel repülő beirányzott lövedékről van szó, melyet a robbanási gázok nagy nyomásának segítségével gyorsítottuk fel a kívánt sebességre. Itt tehát egy robbanóanyag robbanása következtében felszabaduló vegyi energiát egy tömeg mozgási energiájává alakítottuk át. Ezt a folyamatot jól lehet a hagyományos lövedéknek a lövegcsőből való kilövésével összehasonlítani. De míg ott a cső és a lövedék mechanikai szilárdsága miatt legfeljebb kb. 4000 kp/cm<sup>2</sup>-es gáznyomás engedhető meg, hiszen ezen a nyomáson a fémek már a képlékeny alakváltozás határán vannak, addig a trotilágyú működésekor a nyomás nagyságrendekkel nagyobb s eléri a négyzetcen-timéterenkénti 200 000 kp-ot. Ezért ezt a nagy nyomást csak úgy tudjuk felhasználni, ha lehetőséget adunk a lövedék (a tányér) képlékeny deformálódására, sőt mint a kúpos bélésekről elmondtuk, az anyag cseppfolyósodására. Az ábrán látható töltetek robbanását egy gyutacs indítja el. A robbanás gömbhullámok formájában terjedő homloka a lapos csészét csak tengelyében érinti frontálisan, a tengelytől oldalirányban viszont ferdén. A tányér görbületi formáját, nemkülönben a tányér és a robbanóanyag réteg vastagságát úgy kell megtervezni, hogy a betétkúp elemei a külső zónákban még befelé gyorsuljanak. Az egész betétkúp ezzel kisebb átmérőjűvé válik, de tömörnek kell maradnia, mert csak így képződhet a tányérból lövedék. Ennek a hatásnak kedvező sajátossága, hogy – eltérően a kúpos üreges töltetektől – átütő hatást nagyobb távolságról is el lehet érni, hiszen a betétkúp egész tömege egyben marad, jóllehet a sebesség a légellenállás miatt a távolsággal arányosan csökken. E lövedék alakja ugyan nem a legelőnyösebb, mégis nagy sebessége folytán jelentős a páncélatütő képessége.”<sup>610</sup>

A cikk végén Czapek kitér a robbanással gyorsított lövedék elvén működő harcanya-gok haditechnikai jelentőségére. „A robbanóanyaggal gyorsított nagy sebességű löve-dékek haditechnikai felhasználásának számos lehetősége van. Idevág többek között egy szabadalom is, amelyet 1962-ben nyújtottak be Nyugat-Németországban és amely Misnay trotilágyújának az elvét alkalmazza. Ez a szabadalom tulajdonképpen a tro-tilágyú gyújtóberendezésével foglalkozik. Az [54.] ábrán látható a nagy nyílásszögű

<sup>610</sup> Czapek (1967): i. m. 47–48.

kúpos fémбетéttel készült, hengeres burkolatba helyezett robbanótöltet. E mögött van az elektromos gyújtóberendezés, a burkolat tetején pedig egy irányzék. A robbanótöltet lövonalát 1-1,5 m közötti magasságúra lehet beállítani egy háromlábú állvány segítségével. Ha a leküzdeni kívánt harcokcsi keresztül megy az érintkezőkön és egy időben mindkét érintkező zár, akkor bekövetkezik a töltet robbantása, s a lövedék mintegy 100 m távolságig leküzdi a célt.<sup>611</sup>



54. ábra: Robbanással formált lövedék elvű oldal elleni akna az 1960-as évekből

Forrás: Czapek (1967): i. m. 49. 10. ábra.

A Misnay–Schardin-effektusról<sup>612</sup> Czapek 1986-ban írt cikkéből<sup>613</sup> szerezhetünk újabb információkat. „Prof. dr. Ing. H. Schardin az 1930-as évektől részt vett a második világháborúban használt német kumulatív lőszerek és robbanótöltetek fejlesztésében. A második világháború idején Schardin Németországban, Misnay Magyarországon foglalkozott a kumulatív hatás speciális területének elméleti kérdéseivel, illetve a »Trotil-ágyú« megvalósításával. Schardin a VDI. Zeitschrift 1956. november 21-i 33. számában a jelenségről az alábbiakat írja: Az üreges töltetnél a betétkúpot egy lapos csésze képezi. A robbanást a robbantógyutacs indítja el. A gömb formájú robbanási front a betétkúpot csak a tengelyében éri frontálisan, a tengelytől oldalirányban viszont ferdén. Ennek következtében a betétkúp nem minden felületi eleme gyorsul merőlegesen, hanem attól

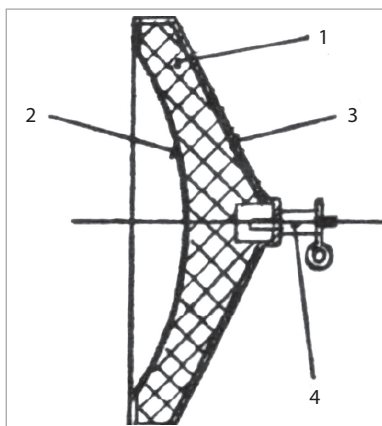
<sup>611</sup> Czapek (1967): i. m. 48–49.

<sup>612</sup> Egyes külföldi szakirodalmakban Misznay-Schardin effect megjelölés is olvasható. A név torzulásának oka nem ismert.

<sup>613</sup> Czapek Béla: A Misnay-Schardin-effektus és a LŐTAK. *Haditechnika*, (1986), 4. 2–5.

bizonyos mértékben eltérő irányban. Minden egyes felületi elem sebessége lényegében a betétkúp falvastagsága és a mögötte lévő robbanóanyag-réteg vastagsága közötti viszonytól függ. A konstrukciót, azaz a betétkúp görbületi formáját és a mindenkor betétkúp- és a robbanóanyagréteg-vastagságot tehát úgy kell meghatározni, hogy a betétkúp egyes elemei a sebesség egyenlő axiális komponenseivel rendelkezzenek, a külső zónák azonban még pótlólagosan befelé gyorsuljanak. Az egész betétkúp ezzel kisebb átmérőjűvé válik, de tömörnek kell maradnia. A betétkúpból így egy »lövedék« képződik.”<sup>614</sup>

Schardinnal ellentétben Misnay József a gyakorlatban is kipróbálta a II. világháború alatt a robbanással formált lövedéket, megalkotva a 44M LÖTAK (Lövő Tányérakna) nevű műszaki harcanyagot.



55. ábra: A Misnay által fejlesztett 44M LÖTAK (1 – üreges töltet; 2 – alumínium fémbetét [tányér]; 3 – burkolat; 4 – gyújtó).

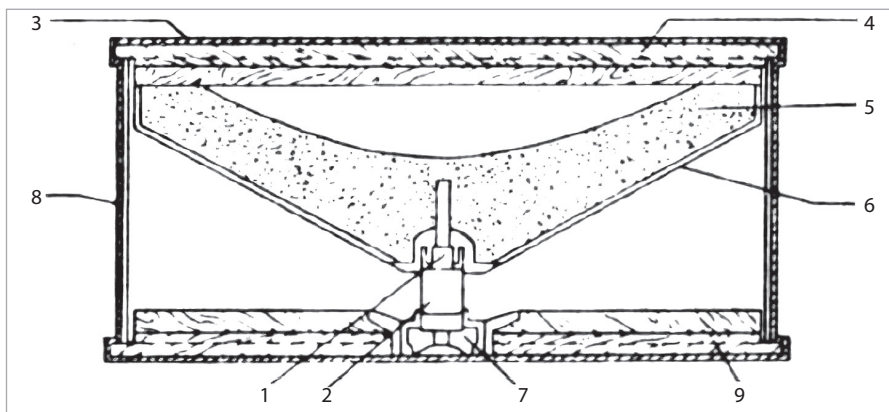
Forrás: Czapek (1986): i. m. 2. 2/b. ábra.

„A LÖTAK-ot a második világháború végén, a magyarországi harcokban alkalmazták a harckocsik láncfalpa ellen, valamint a világon először oldal elleni aknaként. A LÖTAK-ot út menti fák, kerítések oldalára erősítették, s botlódrróttal szerelték. A botlódrróttba ütköző harckocsi működtette a LÖTAK-ot, mely robbanáskor az oldalpáncélt lyukasztotta ki. A LÖTAK-ot először az erdélyi hágók lezárására alkalmazta a Horthy-hadsereg. Háború után a tüzserészek a nagyobb harckocsisaták körzetében is találtak LÖTAK-ot. LÖTAK-ot alkalmaztak a német megszállás idején a várba felvezető utak lezárására a német harckocsik ellen is. Telepítéskor egy LÖTAK felrobbant és átütötte az Ostrom utcában egy szemközti ház oldalát. A műszaki zárat később Horthy utasítására megnyitották. A második világháború idején gyártott LÖTAK-ról leírás, rajz, mintadarab – ismereteink szerint – nem maradt, így nem ismerjük azt sem, hogy a LÖTAK milyen távolságról, milyen vastag páncélt ütött át.”<sup>615</sup>

<sup>614</sup> Czapek (1986): i. m. 2.

<sup>615</sup> Czapek (1986): i. m. 3.

Ugyancsak Misnay fejlesztette ki a *43M magyar harckocsiaknát* is, amelynek üreges töltete és fémmentes szerkezete a maga korában egyedinek számított. „Az akna teteje és alja falemez volt, az oldala papírhenger, és az egészet impregnált vitorlavászon borította. A nyomásra működő gyújtó bakelitből készült, csak az ütőszeg, a rugó és a gyutacs volt fémből.”<sup>616</sup>



56. ábra: 43M harckocsiakna (1 – gyutacs; 2 – gyújtó; 3 – vitorlavászon; 4 – lezárófa; 5 – üreges töltet; 6 – papírburkolat; 7 – záródugó; 8 – karton)

Forrás: Czapek (1986): i. m. 2. 2/a. ábra.

Misnay különleges aknáiról nagyon kevés forrásanyag maradt ránk, ahogy ezt Czapek Béla is említette cikkeiben. *Hatala András 2010-ben* megjelent közleményében találkozzunk részletes anyagokkal a *43M harckocsiaknáról*.<sup>617</sup> Gyártásáról egy HM Vkf 1. osztály által kiadott anyagból értesülhetünk: „Rendszeresítés nélkül is megrendeltük az új záróharc anyagokat [...] 1.43M. TAK. Gyártása folyik 10-12 000 db/hó kapacitással. Eddig 16 000 db-ot a működő hadsereg részére kiutaltunk.”<sup>618</sup> Habár a Budapest környéki harcokban alkalmazták, komoly befolyása a háború további menetére már nem volt. Főbb harcászati-technikai adatairól a következőket olvashatjuk:

- Átmérő: 308 mm.
- Magasság 134 mm.
- Teljes tömeg: 5,64 kg.
- Robbanóanyag 4,42 kg TNT.
- Működtető tömeg: 250 kg, de az akna megfigyelt aknaként is alkalmazható volt.
- A bélés nélküli üreges töltet páncélatütési képességéről nem maradt fenn adat.
- Gyújtókészüléke az aknával egy időben tervezett 43M TAK harckocsiakna-gyújtó.

Az aknáról és a gyújtóról részletes műszaki rajz is található a cikkben.

<sup>616</sup> Czapek (1986): i. m. 2. 2/a. ábra.

<sup>617</sup> Hatala András: A 43.M TAK harckocsiakna. *Haditechnika*, 44. (2010a), 6. 53–57.

<sup>618</sup> Hatala (2010a): i. m. 53.



Hatala András 2011-ben írt cikkében<sup>619</sup> kiegészíti a 44M LÖTAK történetét azzal, hogy bemutatja annak elődjét, a 43.M LÖTAK oldal elleni aknát. „A 43M LÖTAK köztes állomásnak tekinthető azon az úton, amit a tervezője Misnay József hmtk. őrnagy a 44M LÖTAK elkészítéséig bejárt. Ez tükröződik az alacsonyabb mintaszámban, de a konstrukció szerkezeti vizsgálatakor is ugyanerre a következtetésre jutunk. A 44M LÖTAK valóban a mai értelemben vett EFP töltetű harceszköz volt, mivel a tányér alakú bélésfém a robbanás során »átfordult« és így képződött a nagysebességű lövedék. A 43M LÖTAK viszont egy egyszerű acélkorongot gyorsított, ami inkább egy kilőtt vasdarabnak tekinthető, és nem egy formázott, aerodinamikailag stabil lövedéknek.”<sup>620</sup> Ennek ellenére az 1943 ősze és 1944 nyara közötti időszakban rendszeresített harcanyag páncélatütési képessége a kor egyéb eszközeivel összevetve jó volt. A háromlábú állványon elhelyezett 10,8 kg össztömegű, 380 mm átmérőjű aknatestben 3,57 kg TNT/NPT robbanóanyag volt, amely a 13 mm vastag, 2,53 kg tömegű alumínium bélésfém felgyorsítva 20 m távolságban 100 mm vastag páncél átütésére is képes volt.

Hatala András 2010-ben egy – a 3.2. alpontban már bemutatott – *négyszeres cikksorozatban* foglalta össze az *üreges robbanóanyag-töltetekkel* kapcsolatos ismereteket, kitérve Misnay munkásságára is.<sup>621</sup> A robbanással formált lövedék elvű robbanószerkezetek mai felhasználásáról ezt írja. „Az EFP-töltet az új évezred fegyvere lett. Köszönhető ez annak, hogy összehasonlítva a kumulatív töltetekkel, sokkal jelentősebb a cél mögötti pusztító ereje, valamint jóval nagyobb távolságról képes hatását kifejteni. Nincs szükség a cél érintési távolságra való megközelítésére, és a reaktív páncélzat sem jelent akadályt. Az 1990-es években megjelenő felülről támadó automatikus páncéltörő töltetek a harcokcsik felső vagy tetőpáncélján hatoltak keresztül. A fejlesztéseknek köszönhetően ma már a lényegesen ellenállóbb oldalpáncél ellen is hatásosak. Fő célkitűzés a kilőtt lövedék hosszának növelése, mivel így a keresztmetszeti terhelése nő, ezáltal a páncéltörő képessége is javul. A kezdeti 1-1,2 hossz/átmérő arányú acéllövedékek után jöttek a 3-as arányú rézlövedékek. Ma már az 5,5-ös tantál-lövedékek sem ritkák, és előrejelzések szerint 1,8-2,5 km/s sebességű, 10-es hosszúságú (ezüst) lövedékek várhatók a jövőben.”<sup>622</sup>

A cikksorozat 4. része a második világháború alatt gyártott *magyar üreges töltetekről* szól. „A második világháború alatt a 44M LÖTAK az egyetlen rendszeresített oldal elleni akna volt az egész világon. Világelső volt, mert olyan lapos, tányér alakú fémmel bélelt üreges töltetet használt, amilyennel az 1950-1960-as években is csak a kísérleti fizikusok foglalkoztak. Ilyen elven működő aknák csak az 1960-as évek végén jelentek meg a fejlett nyugati hadseregekben.”<sup>623</sup> Arra a kérdésre, „Vajon hogyan lehetséges, hogy Misnay teljesen egyedül, a világon elsőként EFP-töltetet használó oldal elleni aknát szerkesztett?”, egy igazán egyedi történetet olvashatunk a közleményben. „Czapek Béla nyugállományú alezredes 1952-1988-ig szintén a HTI tervezőmérnöke volt. Tartalmas

<sup>619</sup> Hatala András: A 43.M LÖTAK oldal elleni akna. *Haditechnika*, 45. (2011a), 3. 51–52.

<sup>620</sup> Hatala (2011a): i. m. 51.

<sup>621</sup> Hatala (2010c–f): i. m.

<sup>622</sup> Hatala (2010d): i. m. 62–63.

<sup>623</sup> Hatala (2010f): i. m. 63.

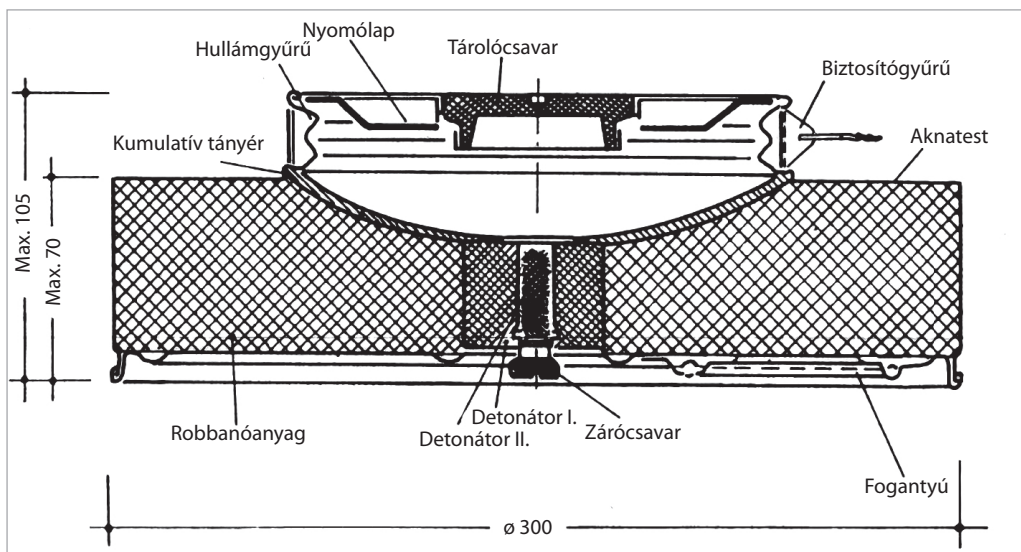
pályafutása során rengeteg mindennel foglalkozott, számos kitüntetést és díjat kapott sikeres munkái után. Nevéhez fűződik az *UKA-63 magyar harckocsiakna tervezése* is [57. ábra]. A tervezésére 2006-ban így emlékezett: »Ez idő tájt [1962] megjelentek a szovjet aknatelepítő eszközök! Jött a PMR-3 aknatelepítő. Az új aknáknak egységes méretűnek kellett lenniük. A szovjetek nagyon precízen megadtak minden adatot, hogy az akna csereszabatos legyen [...] A telepítógép adta méretek mellett követelmény volt, hogy csak TNT lehet a robbanóanyag. Az aknának a fenékpáncél és a lánctalp ellen egyaránt hatásosnak kellett lennie. A lánctalp rombolására elég lett volna 4-5 kilogramm robbanóanyag, a fenékpáncél miatt azonban 15 kilogramm TNT kellett volna. Ez pedig a szelvénybe nem fért be. Így csak a kumulatív megoldás jöhetett szóba. A telepítógép miatt a megadott méretektől azonban nem lehetett eltérni. Ezért a már ismert kúp vagy félgömb alakú betéteket, a méretük vagy a kis átütésük miatt nem lehetett használni. Ekkor merész ötlettel egy lapos tányér alakú betétet terveztem, mely egyszerű TNT robbanóanyaggal már először olyan átütést adott, hogy ezzel a harcászati-műszaki követelmények legnehezebb részét azonnal teljesíteni tudtam. Ez a forma nem is változott. Mint később kiderült, a kényszerítő körülmények hatására újra feltaláltam a 'trotilágyúnak' nevezett töltetet, mely a kumulatív hatás szélső esete.«

Magyarországon minden bizonnyal kétszer megtörtént ugyanaz! Misnayt a HTI megbízta egy új akna tervezésével, hogy a keleti hadszíntéren teljesen használhatatlannak bizonyuló 36M aknát végre leválthassa. Biztos, hogy szokás szerint olyan eszközt akart a hadvezetés, amely minden kitalálható követelményt kielégít. A nagy páncéltörő képesség mellett nehéz felderíthetőséget, kis méretet, olcsóságot stb. szerettek volna. Misnay a »kényszerítő körülmények hatására« ugyanazt az utat járhatta be, mint Czapek 20 évvel később. Felfedezte, hogy a lapos tányér alakú bélelt töltettel nagy távolságról is komoly páncélvastagságot átűthet. Kísérleteivel a hatás maximális kiaknázására törekedett, miközben próbálta megérteni, hogy vajon mi történhet a töltet felrobbanásakor. A robbantások során megtalálta a »kilőtt lövedékeket«, mégis végig lázasan kereste a »fémreakció« során megolvadt kumulatív bélésanyagot. Mivel az akkori technikával a robbanási folyamat során történeteket nem rögzíthették, ezért csak a saját elképzeléseire hagyatkozhatott.<sup>624</sup>

Ha összehasonlítjuk az UKA-63 és a 43.M típusú harckocsiaknák képét, akkor valóban látható a működési elv hasonlósága. Abban az időben a Szovjet Hadseregben még nem volt fenékpáncél elleni kumulatív harckocsiakna rendszerben. A TM-57 és a TM-62 csak lánctalp elleni aknák voltak (ezekhez készültek a vontatható aknatelepítő gépek is). Ezek azonban 32 cm átmérő mellett csak mintegy 12 cm magasak voltak. Ebbe a méretbe valóban „nem fért bele” a kumulatív töltet, a magyar katonai vezetés viszont ezt a követelményt is támasztotta az új műszaki harcanyaggal szemben. Ezért kellett Czapek Bélának „csodát tennie” az UKA-63 aknával. Az első orosz kumulatív akna, a TMK-2 egyébként 30,7 cm átmérő mellett a döntőpálcás gyűjtő nélkül is 26,5 cm magas volt. Az UKA-63 megfelelt a 30 cm átmérő és a 12 cm magasság követelményének! Az új kialakítású magyar akna

<sup>624</sup> Hatala (2010f): i. m. 63.

olyan sikeres volt, hogy a jugoszláv hadiipar műanyag burkolattal TMRP–6 néven kezdte el gyártani. Az akna megszületésének egyéb körülményeiről *Czapek Béla egy interjúban nyilatkozott, amely az Új Honvédségi Szemlében jelent meg 2006-ban.*<sup>625</sup>



57. ábra: Az UKA–63 akna metszeti rajza

Forrás: Kézikönyv a műszaki alegységek szakkiképzéséhez. Budapest, Magyar Néphadsereg Műszaki Főnökség, 1984. 61. 35. ábra.

A leírtak után jogosan vetődik fel a kérdés: mi történt ezzel a világraszóló magyar találmánnyal és felfedezőjével a háború után? A válasz sajnálatos tükrö a korabeli magyar viszonyoknak. „LÖTAK a háború után befejezte pályafutását, de Misnay őrnagy a Magyar Néphadsereg megalakulása után visszakerült a Haditechnikai Intézetbe (Daróczy út), és ott dolgozott 1945-50 között, ezredesi rangban vonult nyugállományba. Misnay a LÖTAK továbbfejlesztésével megbízott munkacsoportot vezetett. Céljuk olyan akna létrehozása volt, mely robbanásakor több száz méter távolságból átüti a harckocsipáncélt. Munkájukat nagy titokzatosság vette körül, rajzokat, feljegyzéseket nem készítettek, a kísérletekben csupán egy-két ember vett részt. Abban az időben csak olyan hírek szivárogtak ki, hogy visszaküldték az üzemnek az elkészült kumulatív betéteket, a »tányérokat«, mert belső felületük nem volt megfelelően polírozva. Nagy acéltömböt öntettek, és ennek üregében helyezték el a tölteteket, majd robbanás után Misnay a különböző távolságban felállított táblákon nagy igyekezettel kereste a »csepp«, vagyis a kumulatív hatás nyomát. A nagy költségek ellenére elfogadható eredményt nem tudtak felmutatni, ezért a kísérleteket leállították, és Misnay, valamint társai elkerültek a HTI-ből. További sorsukat nem ismerjük. Sok 1944-ben gyártásba vett magyar fegyverhez hasonlóan

<sup>625</sup> Csapody Tamás: Nem lehet kitérni a sors elől. *Új Honvédségi Szemle*, (2006), 9. 130–138.

a LÖTAK létezése is a feledés homályába merült. Czapek Béla nyugállományú alezredes saját kutatásai során szerzett tudomást Misnay találmányáról. Valószínűleg sokáig ő volt az egyike azon keveseknek, aki tudott az akna létezéséről.”<sup>626</sup>

Hatala András 2011-ben még megjelentetett egy kétrészes cikket a témában, de ebben is csak *Misnay II. világháborús harckocsi-elhárító aknafejlesztéseinek* részleteiről olvashatunk.<sup>627</sup>

*Misnay sorsának* alakulásáról Hajdú Ferenc kutatásai alapján kapunk képet. A Hadi-technikai Intézet múltját bemutató könyvben olvashatunk először részleteket Misnay életútjáról.<sup>628</sup> 2010-ben az *Élet és Tudomány*ban írt cikkben további részleteket közöl róla Hajdú.<sup>629</sup> „1950 után a régi tisztek iránti bizalmatlansági hullám őt is elérte. A trotilágyús kísérletei miatt, melynek során több száz méterről akart harckocsikat megsemmisíteni, bolondnak nevezték. [...] 1950. második felében letartóztatták és kitelepítették Tisza-füredre. Az ÁVH hetente többször is »meglátogatta«, ami kikezdte az idegeit. Utolsó éveiben gyerekeket korrepetált matematikából és fizikából. 1968. november 16-án hunyt el Tisza-füreden. Misnay József hmtk. ezredes a XX. század egyik nagyszerű hadmérnöke volt. Tudományos eredményei és napjainkra is hatást gyakorló találmánya világszerte ismertté tették a nevét még akkor is, ha a magyar technikatörténelem nem emlékezik meg munkásságáról.”<sup>630</sup>

A 2011-ben, a *Haditechnikában* megjelent cikkel válik teljessé a hányatott sorsú, méltatlanul elfeledett magyar hadmérnök, *Misnay József* pályafutásának rövid története.<sup>631</sup> „Nem tudni pontosan, mikortól kezdve foglalkozott egy új típusú kumulatív hatáson alapuló akna kifejlesztésén, de 1942-ből fennmaradt egy hadiműszaki törzskari előadása az »üreges töltetekről«, és ezzel megalapozta elsőségét egy addig ismeretlen területen. Az eredményekre felfigyelt Dr. Hubert Schardin német professzor is, aki szintén foglalkozott a hatás vizsgálatával, és a jelenség elméletével. Schardin professzor 1944-ben (nyarán?) Budapesten ismerkedett meg részletesen Misnay gyakorlati eredményeivel. A kísérletek, a vizsgálatok és az eredmények iratait áttanulmányozta. Eredményeinek a tudományos közélet előtti bemutatására Misnaynak soha nem volt lehetősége. A jelenség leírását Schardin a háború után több helyen is publikálta, például a VDI. Zeitschrift 1956. november 21-én megjelent, 33. számban, ahol azt írta, hogy »a Misnay-Schardin effektusként ismert folyamatot Misnay ezredes a gyakorlatban a II. világháború alatt kipróbálta és Haditechnikai Intézetben elméletileg és mérés-technikailag pontosabban meg is vizsgálták«. Az külön érdekes, hogy Schardin honnan tudta, hogy Misnayt a vasfüggöny mögött egy rendkívül zárt intézet őrnagyát közben már ezredesnek léptették elő. [...] Nemzetközi ismertségét valószínűleg az amerikaiak által zsákmányolt anyagok

<sup>626</sup> Hatala (2010f): i. m. 64–67.

<sup>627</sup> Hatala András: Misnay József hmtk. alezredes munkássága a 2. világháború alatt – A harckocsielhárító aknák fejlesztése I. rész. *Haditechnika*, 45. (2011b), 5. 2–5.; II. rész. *Haditechnika*, 45. (2011c), 6. 2–5.

<sup>628</sup> Hajdú-Sárhidai (2005): i. m. 100.

<sup>629</sup> Hajdú Ferenc: Ismeretlen világhírű ezredes. *Élet és Tudomány*, 65. (2010c), 33. 1028–1029.

<sup>630</sup> Hajdú (2010c): i. m. 1029.

<sup>631</sup> Hajdú Ferenc: A Haditechnikai Intézet világhírű ezredese. *Haditechnika*, 45. (2011), 3. 49–50.

feldolgozása hozta meg, mely okot adott egy amerikai egyetem meghívására, de az utat nem engedélyezték számára. [...] 1950 második felében feltehetően ismét nyugdíjazták, és átköltözött a család tiszafüredi házába. Az ÁVH azonban nem engedhette el, mert félték tőle, hogy Nyugatra megy, így folyamatos ellenőrzés mellett kellett élnie. Hetente többször is »meglátogatták«, mely rendkívül rossz hatással volt idegrendszerére. A látogatók rendszeresen hoztak számára nyugati szakirodalmakat fordításra és elemzésre is. Öregkorára – amikor már elmarad a megfigyelés és ellenőrzés (1960 után), a családi ház kertjében termesztett zöldségeket, gyümölcsöket – de már soha nem nyerte vissza nyugalmát. Nyugdíjának kiegészítésére gyerekeket korrepetált matematikából és fizikából. 1968. november 16-án hunyt el Tiszafüreden, és 19-én helyezték örök nyugalomra.”<sup>632</sup>

A robbanással formált lövedékek elvén működő harceszközök a II. világháború befejezése után sokáig a feledés homályába veszttek. 1952-ben készült egy *titkos minősítésű anyag Angliában*, amely 3 oldalon foglalja össze egy ábramelléklettel a Misnay–Schardin-töltetek tervezését.<sup>633</sup> Ebből azt tudjuk meg, hogy 1946-ban Schardint a berlini Ballisztikai Intézet laboratóriumának személyzetével és felszerelésével együtt a franciák áttelepítették St. Louisba. Az angolok a párizsi nagykövetség katonai attaséján keresztül engedélyt kaptak, hogy meglátogassák az intézményt a Misnay–Schardin-töltetek tervezésével kapcsolatban további információgyűjtés céljából. A látogatás a jelentés szerint nem volt teljesen sikeres: a francia katonai ellenőrző hatóság nem nézte jó szemmel, hogy a britek kikérdezik a német tudományos személyzetet. Ugyanakkor a jelentés kitért arra, hogy a tapasztaltak alapján a franciák – felismerve a találmányban rejlő lehetőségeket – már számos lőszer tervezésében alkalmazták a robbanással formált lövedék elvét.

A jelentés az EFP töltetek tervezésére vonatkozóan az alábbi fontos szabályokat rögzíti.

- Egy olyan töltet esetén, amelynek célja, hogy a betéttányért egy darabban lökje ki, az elülső rész várható alakjára vonatkozóan feltétel, hogy a detonációs üreg elülső részének korong, tányér vagy csészealj alakúnak kell lennie, amely a célpont felől nézve homorú. Az ábrán látható R sugár és a korong D viszonyára vonatkozóan az első szabály:  $R = 1,5 D$ .
- Alternatív megoldásként, ha a bemélyedés mélységét (d-vel) jelöljük, akkor ez az érték ugyanazt jelenti, ha  $D = 12d$ .
- Megfigyelhető, hogy ezt a szabályt szigorúan betartva meglehetősen kis mélységű a töltés, még akkor is, ha feltételezzük, hogy a tangenciális vonalnak valójában a robbantó szerkezet belső végét kell jelölnie, nem pedig a detonátortól számított végét. A Misnay–Schardin-elvet alkalmazó francia lőszerекnél az figyelhető meg, hogy azok valamivel nagyobb mélységűek, mint amekkorát ez a szabály adna.
- A tányérábrán jelölt t vastagságának meghatározására megközelítőleg az alábbi szabály alkalmazható: a robbanóanyag tömege = a tányér vagy csészealj tömege.

<sup>632</sup> Hajdú (2011): i. m. 49–50.

<sup>633</sup> Peter Bethell: *The Design of Misnay-Schardin Charges*. Report No. A. D. E. 6/52. (Restricted) Fort Halstead, Kent, Armament Design Establishment Ministry of Supply, 1952.



- Itt is megfigyelhető, hogy legalább két francia lövedéknél azt tapasztaltuk, hogy az alkalmazott nagy hatóerejű robbanóanyag tömege kétszer annyi volt, mint a betéttányér tömege. Egy másik útmutatás, hogy 12 mm (kb. fél hüvelyk) az a minimális betéttányér-vastagság, amely szétesés nélkül elviseli a robbanást, de nem teljesen világos, hogy miért (jelenleg tapasztalati érték). A töltet külső falának lágyacélnak kell lennie.
- Egy további kisebb szabály, hogy a betéttányér nem terjedhet ki a töltet teljes átmérőjére; szükséges egy kis gyűrűs perem (m) kialakítása. Ez csökkenti annak az esélyét, hogy a betéttányér eltörjön a kilövés (robbantás) során.
- Végül kísérletek kimutatták, hogy ha a betéttányér a robbanószerkezet felrobbanásakor a célponttal közvetlen érintkezésben van, a behatolási teljesítmény nagymértékben csökken. Következésképpen ajánlott, hogy az ilyen típusú tölteteket teljes átmérőjű fedővel vagy „sapkával” lássák el, amelynek magassága körülbelül  $\frac{1}{2} D$ , az ábrán látható szaggatott vonal szerint.
- A francia hatóságok nem használnak TNT-t a Misnay–Schardin-töltetekhez, mert szerintük a saját ilyen robbanóanyagaik szennyeződéseket tartalmaznak, és hajlamosak a nem teljes detonációra. Ugyanakkor sokkal valószínűbb, hogy a kísérletek során a nem teljes detonáció a nem hatékony robbanás eredménye volt. A francia hatóságok hozzátették, hogy a jó minőségű trotilnak tökéletesen meg kell felelnie ezekhez a töltetekhez. Az ilyen típusú töltetekhez ők a „melinit” nevű robbanóanyagot<sup>634</sup> használják, amely egy vaxolt pikrinsavas robbanóanyag, de az ilyen nitrofenolos töltetek egyáltalán nem népszerűek a brit töltőüzemekben, mert hajlamosak a nitrogén-oxidok kialakulására, és érzékeny pikrátokat képeznek a legtöbb közönséges fémmel. A franciák szerint az RDX<sup>635</sup>/TNT keverék robbanóanyagoknak<sup>636</sup> túl nagy a detonációs sebességük, és ezek szétszakíthatják a betéttányért. A legjobb eredmények a 75% TNT, 20% RDX és 5% alumíniumpor keverékéből készült robbanóanyaggal érthetők el, így valószínűnek tűnik, hogy a gyengített Torpex<sup>637</sup> ugyancsak megfelelő lesz.

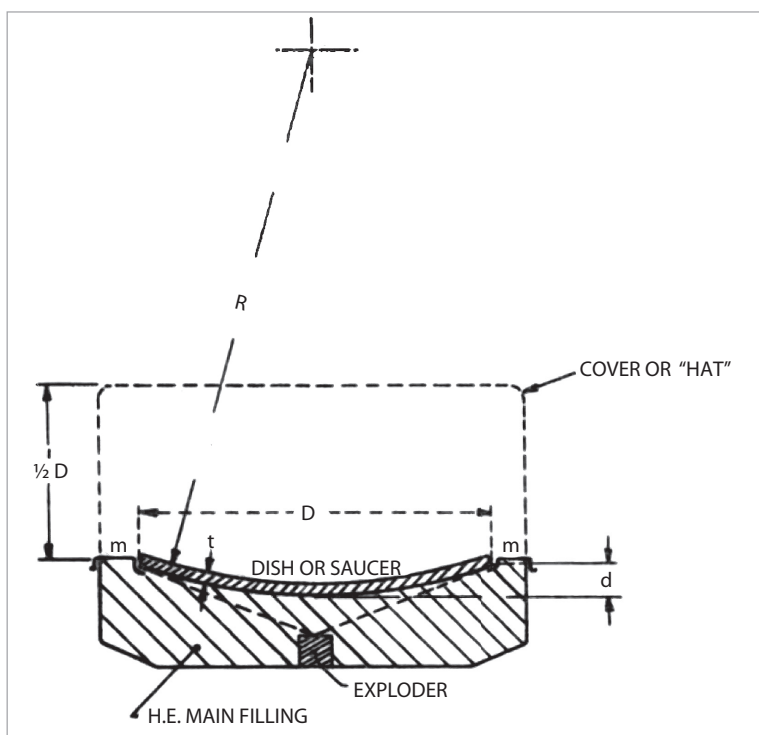
<sup>634</sup> A francia Eugen Turpin 1887-ben mutatta be a pikrinsav-kollódium bázisú robbanóanyagot, amelyet a francia hadsereg rendszeresített tüzérségi lőszerként töltésére.

<sup>635</sup> Hexogén – az Angliában Royal Demolition eXplosive, az USA-ban és Kanadában Research Department eXplosive néven ismert robbanóanyag detonációsebessége 8750 m/s. A német Georg Friedrich Henning 1899-ben gyógyszerkutatás során fedezte fel, de robbanóanyagként csak 1920-ban szabadalmaztatta az ugyancsak német Edmund von Herz. Tömeges felhasználása a II. világháborúban kezdődött.

<sup>636</sup> Hexogén/trotil keverék robbanóanyag. Többek között a B-kompozit robbanóanyagok készülnek ezekből az alkotóelemekből, legtöbbször 60/40% keverési arányban.

<sup>637</sup> Torpex – torpedók töltésére kifejlesztett, 1942-től alkalmazott robbanóanyag (*Torpedo Explosive*): a trotilnál magasabb hatóerejű, 42% hexogénből, 40% trotilból és 18% alumíniumporból készült.





58. ábra: Tervezési ábra a Misnay–Schardin-töltetekhez

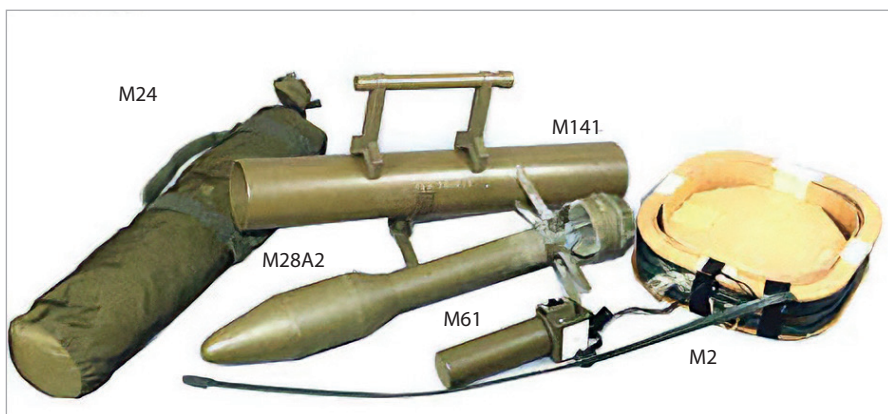
Forrás: Bethell (1952): i. m. 1. 4. Fig.

### 3.4. A robbanás irányított hatása a legújabb kor harcjármű elleni fegyvereiben

Az 1970-es évek elején a harckocsi elleni aknáknak teljesen új fajtái jelentek meg, méghozzá két különböző működési elvvel: az oldal elleni aknák. A kumulatív hatás felfedezését követően a fejlesztők erőfeszítéseket tettek az irányított hatású robbanás energiájának felhasználására a harcjármű egyik legsebezhetőbb része, az oldalpáncél ellen. A kísérletek ebben a formában azonban nem vezettek eredményre, a kumulatív jet, amennyiben néhány tíz cm-en belül nem találkozott a céltárggyal, darabjaira szakadt. Ebben a formában tehát nem felelt meg a megrendelők által támasztott igényeknek: utak, nehezen járható irányok lezárására úgy, hogy az oldal elleni (megfigyelt vagy automata működésű) akna akár néhány tíz méterről is képes legyen a harcjármű megsemmisítésére.

Az első ötlet még a II. világháborúból származott, és tulajdonképpen nagyon egyszerű volt: ha a kumulatív töltet nem képes több tíz méterről elpusztítani a harckocsit, akkor először ezt a töltetet „oda kell vinni” a harckocsi oldalához. A német Panzerfaust volt az első reaktív páncéltörő fegyver, amelyet alapváltozatában a katona a válláról lőtt ki a harckocsira egy lőportöltetű rakéta segítségével. A fejrészben volt a kumulatív töltet,

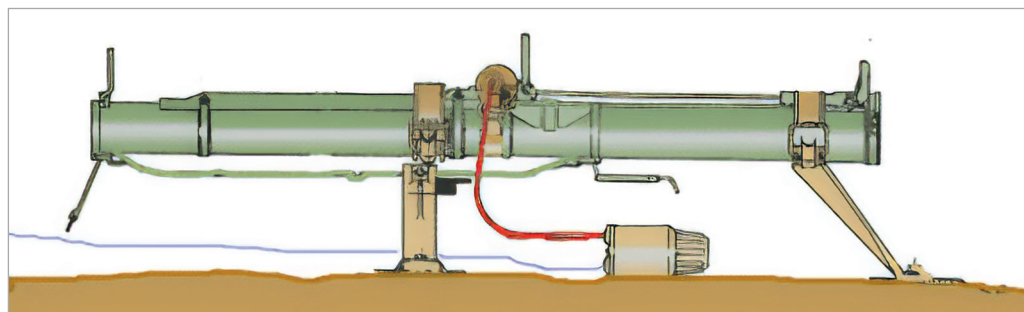
amely egy egyszerű pillanathatású csapódó gyújtóval felszerelve a becsapódás pillanatában iniálta a kumulatív töltetet. A katonák ezt a fegyvert alkalmazták először oldal elleni aknaként úgy, hogy útszorosokban helyezték el őket egy állványra, és vagy megfigyelt töltetként lőtték ki a közeledő harckocsira, vagy egy húzószállal kombinálva, automata működésű aknaként alkalmazták. Természetesen a hatékonysága ennek az „aknának” még nagyon alacsony volt, hiszen nem vett figyelembe olyan fontos tényezőket, mint például az éppen fújó szél sebességét és irányát vagy a közeledő céltárgy sebességét. Ennek ellenére mintaként szolgált az oldal elleni akna egyik nagy családjának, a hagyományos kézi, reaktív, kumulatív töltetű páncéltörő fegyverek oldal elleni aknaként való alkalmazásának. Az úttörők az amerikaiak voltak, akik 1965-ben az M7A2 páncéltörő fegyvert alkalmazva kifejlesztették az M24 (59. ábra) és az M66 típusjelű, reaktív töltettel célba juttatott kumulatív oldal elleni aknákat.



59. ábra: Amerikai M24 reaktív töltettel célba juttatott kumulatív oldal elleni akna

Forrás: <http://saper.isnet.ru/mines/m24.html>

Hamarosan megjelent az RPG–18 bázisán kifejlesztett TM–73 jelű szovjet akna is (60. ábra).



60. ábra: TM–73 szovjet reaktív töltettel célba juttatott kumulatív oldal elleni akna

Forrás: <http://saper.isnet.ru/mines-3/tm-73.html>

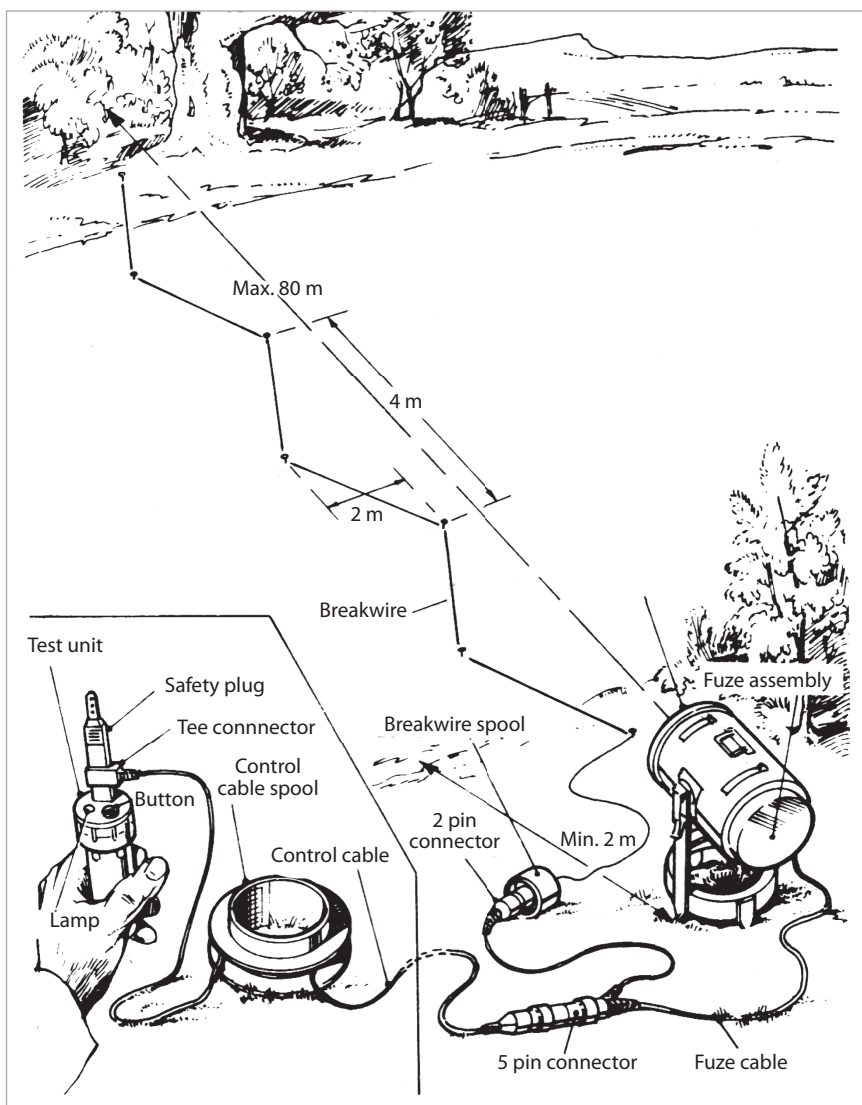
A későbbiek során más államok is megjelentették hasonló elven működő oldal elleni aknáikat, hogy csak a német PARM-1 és PARM-2, a svéd AT 4 (61. ábra) vagy a brit LAW-80 páncéltörő bázisán fejlesztett Addermine-t említsük.



61. ábra: A BOFORS (Svédország) AT 4 reaktív töltettel célba juttatott kumulatív oldal elleni aknája

Forrás: Lukács László: Műszaki zárással kapcsolatos eszközök, harceszközök és anyagok a C+D '93 és '95 kiállításokon. *Műszaki Katonai Közlöny*, (1995d), különszám, 38. 34. ábra.

Az oldal elleni aknák másik nagy családja a korábban már említett Misnay–Schardin-effektus elvén működő, robbanással formált lövedéken alapul. Itt a lényegesen vastagabb betéttányérból az irányított hatású robbanás következtében egy, a kumulatív tölteténél lényegesen alacsonyabb sebességű (kb. 2000 m/s), de masszív, lövedék formájú alakzat képződik, amely több tíz méter megtétele után is képes viszonylag nagy vastagságban átütni a páncélozott eszköz falát. A Misnay-féle LÖTAK elvét – a fent leírtak alapján nem meglepő módon – először a franciák élesztették fel 1969-ben a MI AC AH F1 (MAH F.1.) (62. ábra) oldal elleni aknával, amelyet a brit haderő is rendszeresített L14A1 néven.



62. ábra: A francia MAH F.I. oldal elleni akna működési elve

Forrás: Military Engineering. Volume II. Field Engineering. Pamphlet No 5. – Minelaying (1982). United Kingdom: Ministry of Defence. C/13. ábra, C-4-4.

A HPD.FI egy érintkezés nélküli gyújtóval felszerelt kumulatív akna volt, amelynek lapos tányér alakú fémbetéje a 70 mm vastag fenékpáncélon 10 cm átmérőjű lyukat ütött. A MAH F.I. szintén lapos tányérral rendelkezett, vékony huzal szakítására működő villamos gyújtóval. 40 m távolságból 75 mm vastag páncélt ütött át.

A Szovjetunióban 1984–85-ben jelent meg a hasonló elven működő TM–83 (63. ábra). A svéd FFV 016 (Fordonsmina 14) 1,5 kg hexotol töltetével kilőtt, a betétkúpából képzett

2000 m/s sebességgel repülő lövedéke 50 m hatótávolságban képes 60 mm páncél átütésére, mintegy 31–39 mm átmérőben. Az oldal elleni aknákról Kovács Zoltán 2001-ben a *Haditechnikában*<sup>638</sup> és a *Műszaki Katonai Közlönyben*<sup>639</sup> megjelent cikkeiben olvashatunk még részleteket.



63. ábra: Szovjet TM–83 oldal elleni harcokcsiakna (robbanással formált lövedék)

Forrás: <http://saper.isnet.ru/mines/tm-83.html>

A *Misnay–Schardin-effektus* a nagy pontosságú fegyverek kifejlesztésekor került újból előtérbe. A harcterület fölé tüzérségi löszerrel vagy repülőeszközzel eljuttatott speciális robbanószerkezetek a talaj felszíne felé ereszkedve pörgő mozgást végezve „keresnek” passzív infravörös érzékelőjükkel nagytömegű fém céltárgyat (harcjárművet), majd sikeres célazonosítás után a gyújtó automatikus programja mintegy 60–100 m távolságról pusztítja azt el a robbanással formált lövedékkel. A svéd Bofors Weapon Systems a magyar C+D '93 haditechnikai kiállításon is bemutatta a 155 mm-es tüzérségi lövegekhez kifejlesztett BONUS intelligens löszerét (64. ábra). A 45 kg-os, 34 km hatótávolságú löszer két ún. „szubmuníciót” tartalmaz, amelyek a kilövéskor tároló konténerben vannak. A röppálya adott szakaszán, mintegy 1000 m magasságban a két konténer kiszabadul a löszerből, és stabilizáló aerodinamikai szárnyai segítségével szabadeséssel zuhan lefelé. Meghatározott idő után a gyújtó indítja a harci egység kivető töltetét, amelynek segítségével kiválik a konténerből. A harci egység speciális kiképzése folytán ejtőernyő nélkül, a felső rész középpontja mentén kör alakú mozgást végezve ereszkedik lefelé, érzékelőivel keresve a célt (vagyis a harci rész tulajdonképpen kúp alakú keresést végez, ahol a forgástest csúcsa a robbanótest felső részének közepe, alaplapja pedig a körbeforgó alsó rész által körberajzolt sík). Támadó magasságba érve robbantja a töltetét. A 2000 m/s sebességgel becsapódó robbanással formált lövedék akár 400 mm vastag páncéllemez átütésére is képes, mintegy 80–100 mm átmérővel.

<sup>638</sup> Kovács Zoltán: Oldal elleni aknák. *Haditechnika*, (2001b), 4. 36–42.

<sup>639</sup> Kovács Zoltán: Az oldal elleni aknák. *Műszaki Katonai Közlöny*, 21. (2001a), különszám. 36–53.



Ugyanilyen elven működik az amerikai SADARM rendszer 155 mm-es löszere (ennél ejtőernyővel ereszkedik a föld felé a harci rész) vagy a vadászbombázóval a célterület fölé juttatható CBU-105 kazettás löszer a BLU-108/b szublöszerral.



64. ábra: A BONUS löszer működése és hatása

Forrás: Lukács (1995d): i. m. 35–36. 31–32. ábrák.



Vákát

## 4. Szerkezeti elemek és építmények robbantása a katonai szakcikkekben

### 4.1. Szerkezeti elemek és építmények robbantása 1945-ig

*Az I. világháború előtt összesen két cikket találunk az építmények robbantásáról.*

*Horváth Jenő* alezredes *Kisebb hadi vállalatok, a harcászatnak az alkalmazó módszer szerint való tanulmányozásához* című, a *Ludovika Akadémia Közönyében 1896-ban* megjelent cikkében<sup>640</sup> a *Hidelrombolások* alfejezetben néhány hidrobbantásról is olvashatunk, még ha a tényleges gyakorlati végrehajtásról kevés információt kapunk is. Az *Elba vasúti hidjának 1866. július 28-án* történt felrobbantásáról *Neratowitznál*<sup>641</sup> összesen ennyit szentel a kétoldalas tudósításból: „munkához látott a műszaki különítmény s a vasúti Elba-híd egyik oszlopa július 28-án reggel 8h 30-kor szerencsésen felrobbantatván, a vasúti közlekedés tartósan megszakítottatott”.<sup>642</sup> A *vasúti Mosel-híd 1871. január 22-i* felrobbantásáról *Fontenoy* mellett<sup>643</sup> szintén nem szolgáltat sokkal több hidrobbantási részlettel. Abban az időben már gyakorlat volt Európában, hogy a stratégiai fontosságú hidak pilléreiben robbantásra szolgáló aknakamrákat is kiépítettek. Schaffér 1903-ban így írt erről a könyvében. „Folyókat áthidaló hidak középpilléreit háború esetében gyakran szét kell rombolni, mely okból a robbantó aknákat már a hídpillérek építésénél kell létesíteni. Ilyenkor a kamráknak egymástól való távolságát az erre közlött szabályok szerint meghatározva, a robbantó aknákat 40-45 cm átmérőjű vascövek alakjában a pillérek hossz tengelyében, annak függőleges síkjában akként kell befalazni, hogy a kis vízszint magasságától a pillér felszínéig érjenek. Példaképen megemlítjük, hogy a megfelelő pozsonyi hídpillér hossza kis vízállásnál (-0.15 m-nél) 21.05, szélessége 4.70 m; robbantó aknáinak száma 5. Az esztergomi dunahídnak három aknával felszerelt pillérje, ugyancsak a fenti vízállásnál 10.25 m hosszú és 3.70 m széles; végre a budapesti Ferencz-József-híd mederpillérje, melynek felrobbantása 4 aknával eszközölhető, -0.30 m vízállásnál 27.08 m hosszú és 6.0 m széles. Parti pilléreket nem szokás ily aknákkal felszerelni, mert ezeknél a vasszerkezeten egy rácsnál irányában fektetett síkban, közel az alátámasztáshoz, alkalmaznak megfelelő robbantó töltéseket.”<sup>644</sup> A Mosel-hídnál is egy ilyen közbeeső pillért akartak 400 kg lőporral felrobbantani, amelynek helyéről korábban sikerült adatokat szerezni. „Ezt a Nancy felé eső oszlopban kellett keresni, 30 cm.-re az ágyazás alatt, fafedéllel befödve. De már 80 centiméterre ástak a francziák s már kétségbe estek, azt híván, hogy vagy tévedtek, vagy hogy a németek az aknát berakták. Végre ráakadtak

<sup>640</sup> Horváth Jenő: *Kisebb hadi vállalatok, a harcászatnak az alkalmazó módszer szerint való tanulmányozásához*. *Ludovika Akadémia Közönye*, (1896). 728–773.

<sup>641</sup> Horváth (1896): i. m. 737–739.

<sup>642</sup> Horváth (1896): i. m. 739.

<sup>643</sup> Horváth (1896): i. m. 740–743.

<sup>644</sup> Schaffér (1903): i. m. 244.

a fafödélre és a négy méter mély akna megnyílt. Két aknász kötélletrán leereszkedett az aknába, annak kamráit megkeresendő, az aknatöltés még nem volt kész [...] 6 h 45-kor végre a robbantás, melynek előkészületei (a furás, betömés, villamos vezetés, eltávozás) 1 ½ órát vett igénybe, megtörtént.”<sup>645</sup>

A második cikk azért érdekes, mert egy műszaki katonák által nagyon szakszerűen végrehajtott *kéményrobbantás* történetét olvashatjuk el a *Ludovika Akadémia Közlönye* 1898. évi 12. számában.<sup>646</sup>

Egy körkemence-tulajdonos „1897. évi december hó 7-én a cs. és kir. 7. sz. utász-zászlóalj parancsnokságához fordult azon kérelemmel, hogy Szent-Lőrincz nyaralónál lévő téglaveetőjének körkemencze kéményét döntene le, mert helyébe egy újabb nagyobb kéményt akar építeni. Tangl Lipót, a fenti zászlóalj főhadnagya december 9-én azon parancsot kapta, hogy a kéményt robbantás útján döntse le. Nevezett főhadnagya december 10-én helyszíni szemlét tartott, melynek eredménye az volt, hogy a kémény – a körülötte levő épületek veszélyeztetése nélkül – csakis egy irányban dönthető le robbantással.

A szilárd téglából épült kémény 5 m magas és négyoldalú prizma alakú alapzattal bírt, melyre a tulajdonképpeni nyolcszögletű kémény volt felépítve. A kémény összes magassága (tehát alapzattal együtt) 41 m, a nyolcszögletű kémény oldalai közül hat méretében 1.35 m, kettő pedig 1.25 m széles és mindegyike 0.9 m vastag volt. Ledöntendő csakis a tulajdonképpeni kémény volt.

A ledöntés a következő módon történt. A tulajdonképpeni kémény alját két helyen, egymással szemben bontórudakkal átütötték; az így keletkezett nyílások egyenként 0.95 m magasak és 2.10 m szélesek voltak. A két nyílás között egy 2.35 m széles kéményfalrész a szándékolt esési irányban éppen azért maradt meg, hogy ezen falrésznek az utolsó pillanatban való felrobbantása esetén az egész kémény ezen irányban dőljön le. Hogy ezen ledőlés tényleg bekövetkezzék, szükséges volt a már említett nyílások készítése által a kémény falát alul annyira gyengíteni, hogy a két nyílás között megmaradt falrész felrobbantása után, a kémény súlypontja minden támpont nélkül maradjon, minek következtében az egész kémény önsúlya következtében a kívánt irányban ledőljön. A két nyílást négy utász 9 óra alatt készítette el, melynél az első nyílás elkészítésére összehasonlíthatatlanul több időre volt szükség és minél nagyobb lett a nyílás, a téglák annál könnyebben voltak eltávolíthatók.

A két nyílás elkészítése után a kémény most már csak két, egyenlőtlen méretű kéményfal aljzaton állott, mely részeknek azonban természetesen oly erőseknek kellett együttvéve lenniük, hogy a kémény nyomását (hatását) még megbírják. A megmaradt kisebb méretű kémény-falrész kirobbantása volt tehát most még csak hátra.

Mivel a kémény belsejében furatlövések készítésére nem volt elegendő hely, a robbantást a kéményfal alsó, külső kerületén szabadon alkalmazott aknatöltésekkel kellett végrehajtani és utóbbiak 0.50 m magasságban és 0.80 m szélességben homokzsákokkal szorosan a fal felé elzárattak és egyidejű meggyújtásra előkészítették.

<sup>645</sup> Horváth (1896): i. m. 742–743.

<sup>646</sup> H.: Egy körkemence kéményének lerobbanása. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1898), 12. 1023–1025.

A töltetnagyság a cs. és kir. utászcsoapat számára előírt műszaki oktatás, hat rész határozványai szerint állapítottatott meg és e szerint: töltetnagyság  $l = 8 + w^2 = 8 + 0.90^2 = 6.48$  kg, kerekén 7 kg 1 méter hosszúságú falanként, a mely 0.90 m széles.

Összesen 3 akna lett alkalmazva és pedig: a szándékolt esés irányába levő 1.35 m széles fal aljában 7 kg. és a másik két csatlakozó kéményoldal megmaradt 0.50 m széles falrészeinek aljában 5-5 kg, tehát összesen 17 kg. ecrasit.

Az aknák nem egészen a fal aljában lettek alkalmazva, hanem 0.25 m magasságban attól, mert a főczél az volt, hogy az aknák csupán a tulajdonképpeni kéményfalra has-sanak, nem pedig az azt tartó és kezdetben említett aljzatra is.

December 15-én reggel 9 órakor a zászlóalj tisztikara jelenlétében történt a robbantás, miután a veszélyeztetett lakások kiürítették és azok ablakai kinyitattak. (A szándékolt esési irányban a kéménytől 80.00 m távolságra állott egy lakóépület, az esési iránytól oldalt istálló stb. épületek voltak mintegy 17-20 m távolságra.) A zászlóaljparancsnok maga adta meg a parancsot a gyúzsinegek meggyújtására.

A kémény a robbanás után első pillanatban erősen ingadozott s csakhamar a szándékolt esési irány felé kezdett hajolni, s ekkor egyúttal a kémény felső harmadában kettétört, a kémény többi része pedig 58.00 m hosszúságban a földre ledőlt. A kémény, pontosan a szándékolt irányban dőlt le. A téglaomladék hossza 58.00 m, legnagyobb szélessége 17.00 m, s legnagyobb magassága (a kémény aljzat közelében) 3.00 m volt. A kémény aljzat az esési irány oldalán egész magasságában megrepedt. A téglák közül csak a legalul fekvők törtek össze, míg a többiről a ragacs levált és egészben maradtak. Összetört a téglák  $\frac{1}{3}$ -a, míg a többi  $\frac{2}{3}$  épen maradt.

Érdekes megjegyezni, hogy míg a szemlélők, kik a kémény két oldalán állottak, a robbantás alatt semmi légnyomást sem éreztek, addig az esés irányában a légnyomás oly nagy volt, hogy a 80.00 m távolságra fekvő lakóépület félreeső oldalán levő ablaktáblái, de sőt egy 150.00 m távolságra álló gyár ablaktáblái is betörték.”<sup>647</sup>

A cikkben említett, falrobbantáshoz használt töltetszámítás azért érdekes, mert az első magyar nyelvű, 1899-es kiadású *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához* című<sup>648</sup> kiadványban nem történik róla említés, ugyanakkor a korabeli *Rendeleti Közlönyökben* nem található egyéb, robbantással kapcsolatos kiadvány megjelentetése. A képlet egyébként is pontatlan, és ez már a fordító hibája. A töltet tömegét ugyanis nem a  $8 + w^2$ , hanem a  $8 \times w^2$  képlettel kell meghatározni, ahogy azt az egyébként helyes végeredményként közölt 6,48 kg is bizonyítja. Schaffernél is erről olvashatunk a kémények döntéséről szóló részben, ahol a II. osztályú dinamitmennyiség 1 folyóméterre számított tömegét a  $T = 8 \times v^2$  képlettel rendeli meghatározni.<sup>649</sup>

Robbantástechnika-történeti érdekességgként mutatunk be egy *1906-ban*, az *Építő Ipar* folyóiratban közölt cikket a *kéménydöntés egy másik módszeréről*.<sup>650</sup> A közlemény elején a szerző összefoglalja a robbantással történő bontásnak az építőanyagok

<sup>647</sup> H. (1898): i. m.

<sup>648</sup> Vezérfonal (1899): i. m.

<sup>649</sup> Schaffer (1903): i. m. 253.

<sup>650</sup> Sandy Gyula: A kéménydöntésről. *Építő Ipar*, (1906), 20. (május 20.). 191–192.

újrahasznosítását érintő problémáját. „A kéményeket eddig legtöbbszörre műszaki katonák döntötték le, békében egy kis várostromot rendezve, még pedig romboló dinamitpatronokkal. A kéményt nagy részletekben robbantották le – előbb felső részét – majd fokozatosan az alsóbb részekben alkalmazva a robbantó aknát, vagy pedig egyszerre oly módon, hogy a kémény lábait szétrobbantották, hogy az összeroskadjon, esetleg oldalt ledőljön. Akármely mód szerint történt a robbantás, az hatásában előre nem volt kiszámítható. A robbantás nem egyszer 150 m távolságban levő épületekben is kárt tett és a ledőlő kémény nem egyszer másfelé dült, mint azt várni lehetett; a kémény anyaga pedig, akár részletekben hullott a magasból a földre, akár önmagába roskadt össze a nagy tömeg, mint a velencei Campanille, akár erőszakosan a földhöz vágódott, midőn kirepült az alépítménye: ismét csak összezúzódott, rommá vált, melynek 60-80%-a törmelék és legjobb esetben 40-20%-a volt értékesíthető.”<sup>651</sup>

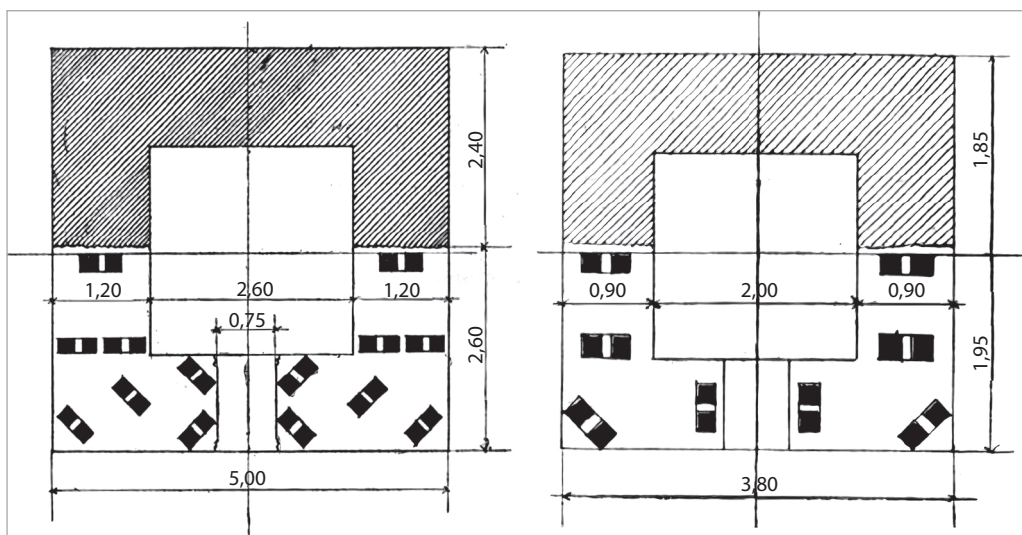
Balázs Ferenc építőmester a fenti problémák megoldására javasolt egy új kéménydöntési módszert. „A kémény alsó téglarétegeit az alépítmény feléig fokozatosan kiszedi, mialatt az eltávolított téglasorok helyére keményfából készült lábakat ékel be, ezzel egyszersmind megállapítja a kémény eldülésének irányát is. Az aláfogás után a falábak körül erős tüzet rak, ami a kémény ideiglenes támasztékát elégeti; erre aztán bekövetkezik a kémény lassú eldülése! A lassú eldüléssel a kéményből kikerülő anyag használhatóságára vonatkozólag oly eredmény van egybekötve, hogy a törmeléknek alig néhány százaléka zúzódik össze, a már útközben szétváló téglarétegek anyaga pedig több mint 90%-ban teljesen épen marad és újra felhasználható. Tekintettel arra, hogy a kémény alól az alépítmény nem hirtelen robban ki és nem vágódik egyszerre a földhöz, de a fatámasztékok lassúbb elégeése következtében az egész kémény lassan ferde helyzetet vesz fel mielőtt eldülne, ezáltal abban már ilyenkor oly különleges hajlító és nyíró erők kezdenek működni, melyek a téglasorokat teljesen szétválasztják; a leesés aránylag csöndben megy végbe; az egész eljárás olcsó és gazdaságos.”<sup>652</sup>

A módszert a gyakorlatban is kipróbálták Rákoson, a volt kerámiagyár két négyzet alapú kéményének döntésekor. Az egyik  $3 \times 3$  m alapterületű, 40 m magas, a másik  $5 \times 5$  m alapterületű, 50 m magas volt. „Az alátámasztó lábak 20/20 cm méretű, 50 cm hosszú tölgyfa-gerendapárok voltak, melyek fölé 20/25 cm-es ugyancsak 50 cm hosszú hevedert helyeztek. A lábak és a hevederek közé 4-4 db éket lehetett befeszíteni, hogy tökéletes legyen az alátámasztás. A kisebb kémény alá 8 pár, a nagyobb alá 14 pár ily lábat ékeltek és pedig fokozatosan, oly elrendezéssel, mint azt a [65.] ábra mutatja. A faalkotórészeket előbb petróleummal, majd olajjal itatták, hogy könnyebben, gyorsabban égjenek. Legelőbb a kémény középvonala irányában véssett részbe tették be az első gerendapárt, majd a kettős párok a kéményszélesség negyedrésze irányában, végül a sarkokon és a kémény bűvő nyílása sarkai alatt levő átlós helyzetű gerendákat helyezték el és közben az alátámasztó dúcok közötti falazatot eltávolították. Ily állapotban a kémény fele része az eredeti alépítményén, felerészben az alátámasztó keményfa-bakokon állott.

<sup>651</sup> Sándy (1906): i. m. 191.

<sup>652</sup> Sándy (1906): i. m. 191–192.

A nagyobb kéményben, melynek tömege  $400 \text{ m}^3$  falazat,  $100,000$  drb téglával közel  $600,000 \text{ kg}$  súlyt képviselt, a cölöpök igénybevétele  $\text{cm}^2$ -kint  $30 \text{ kg}$  volt. Körülbelül ugyanilyen volt az igényvétel a támaszték alatt és fölött levő téglarétegre is; elég merész szerkezet, de tekintetbe veendő, hogy ez az igénybevétel még jóval kisebb, mint az illető anyagok törésének határa és az egész szerkezetnek csak ideiglenes, néhány óráig tartó jellege volt. Az aláfogást a nagyobbik kéménynél 1 kőműves, 1 ács és 4 napszámos, tehát összesen 6 munkás 15 óra alatt végezte be. Az aláékelés után a kémény tengelye irányában levő legelőbb behelyezett támasztékokat még eltávolították, majd az egész alsó teret olajjal locsolt tüzelőfával rakták körül és aztán meggyújtották. Az égés 38 percig tartott, amikor bekövetkezett a kémény előbb jelzett lassú ledülése, ami közben a szét-hullott anyag alig tíz méter széles és a kémény magasságánál csak valamivel hosszabb területet lepett el.”<sup>653</sup>



65. ábra: Kéményeknek a fa alátámasztás égetésével történő döntése

Forrás: Sándy (1906): i. m. 192. 5–6. ábra.

Visszatérve a robbantástechnika katonai alkalmazására, arra nagy hatással volt a 19. század végére a nagy mennyiségű harcanyag és élőerő nagy távolságban történő szállítására képes vasutak megjelenése, amelynek hatására az Európában zajló háborúk jellege egyre inkább átalakult. Ennek egyik kiváló példája az 1870–1871-es német–francia háború volt, amelyben a porosz Moltke tábornagy<sup>654</sup> a vasútra alapozta a gyors mozgósítást és a szervezett hadászati felvonulást. A háború eredménye őt igazolta, és ez döntő hatással volt az ezt követő időszak haderőszervezésére, valamint hadászati, hadművelleti és harcászati elveire is. A hadviselő feleknél a támadók a gyors manőverekben és a nagy tömegben

<sup>653</sup> Sándy (1906): i. m. 192.

<sup>654</sup> Helmuth Karl Bernhard von Moltke porosz királyi tábornagy.



szintén gyorsan átcsoportosítható csapatokban bíztak, míg a védők mindent elkövettek a támadók mozgásának akadályozása érdekében, amihez viszont szintén gyorsan mozgó alakulatokra volt szükség. Ez tükröződik a műszaki csapatok alkalmazási elveinek a változásában is, ahol a lovasutász csapatokat a vasutak és azok egyik legfontosabb alkotórésze, a vasúti hidak rombolására tervezték alkalmazni, ugyanakkor a robbantástechnika egyéb feladatai háttérbe szorultak. A szabályzatok is ennek az igénynek megfelelően készültek, lásd az 1899-es *Vezérfonal az utászszolgálat ellátására*,<sup>655</sup> majd az ezt követő, szintén – részeiben – robbantási feladatokat is tartalmazó 1902-es *E-23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára*<sup>656</sup> és az 1915-ös *E-39,b. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára – tervezet* című kiadványokat.<sup>657</sup>

A szabályzatok meglehetősen szegényes szakmai útmutatásai ellenére az *I. világháború alatt* a harcoló felek akár hadműveleti méretekben is terveztek és hajtottak végre rombolásokat az ellenség mozgásának akadályozására. *Schmoll Endre* írja könyvében,<sup>658</sup> hogy „a belgák és a franciák a háború idején nagyarányú rombolásokat terveztek a közlekedési vonalakon. Ezeket azonban hiányosan szervezték meg és készítették elő, úgy hogy messze nem érték el a teljesíthető rombolás eredményt. [...] Le Normand tábornok<sup>659</sup> több ízben kijelenti, hogy a belgák nagyobb eredményt értek volna el a rendelkezésre álló 20 alagút és 80 híd alapos rombolásával, mint egész várrendszerükkel.”<sup>660</sup>

Az I. világháború után új fegyverek és haditechnikai eszközök megjelenését is eredményezte. A lovas alakulatok szerepét egyre inkább a motorizált szállítás vette át, habár – csak a történeti hűség kedvéért – említsük meg, hogy a II. világháborúban például a Párizst elfoglaló német csapatok szállítási feladataiban még mindig fontos szerepet játszottak a lovak vontatta kocsik. A mozgásakadályozás dinamizmusának növelésére, így elsősorban az ellenséges hidak robbantásában azonban már a repülő csapatoknak is szerepet szánt volna *Schmoll Endre*, ahogy erről a *Magyar Katonai Szemle 1931/12. számában* megjelentetett cikkében olvashatunk a *romboló osztagok légi szállításával* kapcsolatban.<sup>661</sup> „A világháború vége felé többször felmerült ama kívánság, hogy repülőök által az elg. [ellenség] hátába szállított romboló osztagok révén az elg. utánszállítása, vagy vasúton végrehajtható hadászati eltolása (átcsoportosítása) béníttassék. Ily irányú vállalkozások azonban a felmerült nehézségek folytán végrehajtásra nem kerültek. [...] A világháború óta úgy a repülő, mint a rombolás technika sokat fejlődött. Nem lesz tehát érdektelen a repülőök által szállított romboló osztagoktól várható mai eredményeket

<sup>655</sup> Vezérfonal (1899): i. m.

<sup>656</sup> E-23 (1902): i. m.

<sup>657</sup> E-39,b (1915): i. m.

<sup>658</sup> Schmoll Endre: *Haditechnikai ismeretek*. II. kötet. Budapest, magánkiadás, 1930.

<sup>659</sup> Reginald Le Normand Brabazon angol–ír dandártábornok, Meath 13<sup>th</sup> grófja. Az I. világháborúban a 4. Gárdista Dandár parancsnokaként szolgált a nyugati fronton.

<sup>660</sup> Schmoll (1930): i. m. 118.

<sup>661</sup> Schmoll Endre: Repülőekkel (légi úton) szállított romboló osztagok. *Magyar Katonai Szemle*, 1. (1931), 12. 161–170.

közelebbi vizsgálódásunk tárgyává tenni.”<sup>662</sup> A megvalósítást elsődlegesen a hadászati fontosságú létesítmények, például vasútvonalak műtárgyainál tartja megvalósíthatónak. Ezért részletes számításokkal igazolja, hogy például egy vasúti híd robbantása esetén a „robbantószer kérdés bír aránylag még a legkisebb jelentőséggel, mert egy 100 m fesztávú hídmezőny robbantása is csak kb. 200 kg összsúlyú robbantó- és gyújtószer mennyiséget (egyéb robbantási segédeszközt is beleértve) igényel, ami a repülőgépen való szállításnál kb. 3 ember súlyát jelenti”. Az előkészítés ideje már nagyobb gondot jelent, mint ahogy a robbantó csoport biztosítása is, hiszen egy ilyen jelentőségű hidat komoly hídórség véd, akikkel a támadóknak komoly harcot kell vívniuk a munka megkezdése előtt. A számításai alapján az alábbi erők és eszközök szükségesek:

- egy nagyobb híd rombolásához:
  - robbantórészleg: 2-3 tiszt + 1 raj;
  - biztosító részleg: 2 tiszt + 1 rohamraj + 2-3 géppuska (golyószóró);
  - robbantóanyag: 200–250 kg (gyújtószerekkel együtt)
- egy nagyobb híd hatékony megrongálására (3–6 napi hasznavehetetlenné tétel):
  - robbantó részleg: 1 tiszt + 3-4 fő;
  - biztosító részleg: 1 tiszt + 1 rohamraj + 1 géppuska (golyószóró);
  - robbantóanyag: 80–100 kg (gyújtószerekkel együtt).

A rombolócsoporthoz célba juttatásához ennek alapján olyan bombázók vagy különleges szállítógépek jöhetnek csak szóba, amelyek teherbírása 1000–1500 kg, és alkalmasak 6–10 fő szállítására. Összességében a fenti számítás alapján egy híd rombolásához 6–8, a megrongáláshoz pedig 4-5 repülőgép szükséges. A tanulmány végén adatokkal bizonyítja, hogy mivel egy célpont bombatámadása során a találati valószínűség csak 3-4% körüli, a legalább 66%-os valószínűségű siker eléréséhez „közepes hosszú (80–100 m) műtárgy elrombolására legalább 250–300 db. közepes és nehéz bomba szükséges kedvező esetben. Megszakítása ugyanezen hídnak 200–250 kis és közepes bomba ledobásával érhető el.”<sup>663</sup> Mivel pedig egy bombázó egy támadáshoz csak 1000–1200 kg bombasúlyt tud szállítani, a jelölt rombolási hatékonyság eléréséhez pedig 100–150 t bombát kellene ledobni, mindenképpen igazoltnak látja azt az elképzelését, amely szerint: „a légi úton szállított romboló osztagok mindakkor, midőn a bevezetésükhöz elengedhetetlen előfeltételek kedvezően teljesíthetők, rendkívül hatékony és hasznos szolgálatokat tehetnek”.<sup>664</sup>

Érdekes problémáról írt *Mikes Lajos 1938-ban*, a *Magyar Katonai Szemlében*.<sup>665</sup> Az építmények, szerkezetek robbantásakor elsősorban földfelszíni objektumokra gondolunk. Ebben az alapos, számításokkal altámasztott tanulmányban azonban a föld alatti létesítmények (óvóhelyek) földémszerkezetének a becsapódó repülőgépbombák robbanása okozta nyomásnak ellenálló méretezéséről olvashattak az érdeklődők.

<sup>662</sup> Schmoll (1931): i. m. 161.

<sup>663</sup> Schmoll (1931): i. m. 169.

<sup>664</sup> Schmoll (1931): i. m. 170.

<sup>665</sup> Mikes László: Felszíni hatás nélküli (zárt) akna képlete. *Magyar Katonai Szemle*, 8. (1938), 2. 167–175.

1939-ben a *Magyar Katonai Szemlé*ben megjelent cikkében Cserney (Markovits) Árpád is a műszaki záróharc megújításának szükségességéről értekezett.<sup>666</sup> Schmollhoz hasonlóan ő is az I. világháborúból mutatott példákat a mozgásakadályozás robbantásos feladatainak fontosságáról. „A német 9. hadsereg 1914 őszén végrehajtott visszavonulása Varsó alól a megszervezett és tervszerűen végrehajtott nagyszabású vasútrombolás első példája. A vasútrombolásokkal a 9. hadsereg parancsnokság azt célozta, hogy az oroszok előnyomulását minél tovább késleltetve, a hadsereget újabb feladat megoldására képesítse. A hadsereg parancsnokság már az előnyomulás alatt (1914. szeptember 9-én) kiadta a rendelkezéseket a rombolások előkészítésére. A műszaki csapatok elkészítették a rombolási terveket és a robbanó anyagot a robbantandó tárgyak közelében tárolták. A rombolások végrehajtását a visszavonulás alatt (okt. 5 – november 11-ig) a hadsereg parancsnokság egységesen vezette. A rombolás üteme – a kitűnő megszervezés következtében – a gyalogmenet sebességével haladt és hadászati kihatásait a hadtörténelemből ismerjük. Az 1918 őszi német visszavonulás alatt a hadvezetőség már az úthálózat rombolását is végrehajtotta, hogy a franciák hadműveleti mozgását minél erőteljesebben gátolja. Az eredmény olyan volt, hogy a francia hadvezetőség véleménye szerint is, ha a németek még további 40–50 km mélységben folytatták volna rombolási tevékenységüket, támadó hadműveletek megindításával 1919 tavasza előtt nem számolhattak volna. Nem kétséges, hogy a jövő háborúk területrombolásainál a közlekedési hálózat tönkretételén felül még az ipartelepek, bányák, kutak, raktárak, anyagkészletek, lakóépületek stb. elpusztítására is sor kerül, hogy az ellenséges haderők létalapjai is kikapcsoltassanak. [...] A világháborús területrombolások főleg hadműveleti kihatással bírtak, míg a mai műszaki zárnak már nagy harcászati jelentőségük is van. Ebből természetszerűleg következik az, hogy a hadműveleti zárás – a közlekedési hálózatra kiterjedő – az elsődleges és a harcászati zárás – a tekintetben jövő terepre vonatkozó – a másodlagos fontosságú. A műszaki zárás forgalmába tehát minden körülmények között beletartozik a lezárandó területbe eső közlekedési hálózat elrombolása is. Ezt tisztán kell látnunk, hogy minden félreértésnek, zavarnak és bizonytalanságnak elejét vehessük.”<sup>667</sup>

A hidak harchelyzetben történő rombolásának szükségességéről az alábbiakat írta a szerző: „Régen, mikor még egy kisebb műtárgy elrombolása is nehezen pótolható nemzeti vagyontárgy pusztulását jelentette, érthető volt a hadvezetőségek oly irányú igyekezete, hogy minden komolyabb rombolást külön engedélyhez kötöttek. Ma azonban – a technika korában – minden ily irányú megkötést túlhaladottnak kell tekintenünk. [...] Az ellenség mozgásának a gátlása ott, ahol élő erő akarunk megtakarítani, elsődleges harcászati kíváncsalom, mely mögött háttérbe kell szorulni minden egyéb megfontolásnak. Ezekben az irányokban vagy területen – második szándékkal – épségben hagyott műtárgyak előbb-utóbb a saját repülők céljaivá válnak. De ha gyorsan be is következik a második szándék és a támadó hadműveletek jó időben meg is indulnak, nem tétélezhető

<sup>666</sup> Cserneky (Markovits) Árpád: A műszaki záróharc korszerű követelményei. *Magyar Katonai Szemle*, 9. (1939), 6. 65–71.

<sup>667</sup> Cserneky (1939): i. m. 65–66.

fel az ellenségről, hogy ezeket a műtárgyakat szintén sértetlenül fogja visszaengedni.”<sup>668</sup> A cikk végén még egyszer megerősíti a szerző: „Ha a mi rombolásunk kevésbé volt hatásos, úgy meg lehetünk győződve arról, hogy az ellenség utólag hatásosra fogja azt kiegészíteni.”<sup>669</sup>

*Balaton Sándor* 1944-ben írt cikkében<sup>670</sup> – egy német publikációra hivatkozva<sup>671</sup> – a belga országvédelmi rendszer kiépítése kapcsán közöl részletes adatokat a közlekedési infrastruktúra létesítményeinek romboláshoz történő előkészítéséről. Ebből idézünk pár gondolatot. „1936 óta sűrű – a határon kezdődő s egészen az ország belsejéig terjedő – záróövezethálózatot készítettek elő. A nemzetvédelmi minisztérium által kiadott rombolási terv magában foglalta a hadászati utak rombolását két sürgősségi fokozatban, vasútrombolásokat szükség szerint, valamint a híradó hálózat rombolását. Az alapterv körülbelül 500 záróhelyet tartalmazott, 600 tonna robbanó anyag szükséglettel. [...] Az utak és vasutak műtárgyainak rombolásához szükséges aknakutakat, gyújtóvezetékeket és munkapadokat már békében előkészítették. A robbanó anyagot a robbantási helyek közelében tárolták. 1938 óta a határövezetben a robbanóanyag már az aknakamrákban nyert elhelyezést. A robbanóanyag mennyisége az egyes helyeken fontosság és fajta szerint 1-5 tonna között változott. Az összes rombolásokat a parancs kiadásától számított 6-8 óra alatt, a részletrobbantásokat 2-3 óra alatt kellett végrehajtani. A vasútvonalak rombolását Luxemburg, Lüttich, Limburg és Antwerpen tartományokban készítették elő. A katonai személyzetnek a vágányokat, jelzőkészülékeket, váltóműveket és víztartályokat kellett elpusztítania. A gördülőanyag (kb. 10.000 kocsi 12 óra alatt), szerszámgépek, daruk biztonságba helyezése az államvasúti személyzet feladata volt. Az ellátóvezetékek, vasúti híradóhálózat, olaj- és üzemanyagtartályok, szelölőberendezések, mérlegek, valamint fordítókorongok használhatatlanná tétele ugyancsak az ő feladatuk volt. Ehhez szükség esetén katonai segítséget vehettek igénybe. Az erre fordítható idő a fontosság mérve és a helyi viszonyok szerint 8–41 óra között változott. A magánvasutak személyzetének csak a jelző- és forgalmi eszközöket, valamint a híradóberendezéseket kellett üzemén kívül helyezni. Az alagutak zárására megrakott vasúti kocsikat és mozdonyokat készítettek elő; azonkívül egyes alagutaknak robbantással való zárását is tervbe vették.

A repülőterek rombolásához a futópályákba és hangárokba különleges rombolóberendezéseket építettek be. Végül előkészületek történtek az állami híradó berendezések rombolására, illetve elszállítására is, hogy ezek ne essenek üzemképesen az ellenség kezébe.

A robbantókülönítmények által gyűjtásra szerelt műtárgyakat a határőr csapatok rombolóőrségei (1 parancsnok + 4 fő, + 1 géppuska) őrizték, a robbantást is ezek végezték és robbantás után ellátták a védelmet. Az őrségek szállása a robbantó-helyek közvetlen

<sup>668</sup> Cserneký (1939): i. m. 66–67.

<sup>669</sup> Cserneký (1939): i. m. 68.

<sup>670</sup> Balaton Sándor: Műszaki zárak a jelenlegi világháborúban. *Magyar Katonai Szemle*, 14. (1944), 3. 393–417.

<sup>671</sup> Haenlein német alezredes *Sperrwesen in der belgischen Landesverteidigung* című cikke nyomán. Megjelent a *Vierteljahreshefte für Pioniere* című folyóirat 1942. évi 2. füzetében.

közelébe épített robbantóházakban volt, ahonnan zömmel gyújtózsínórral, ritkábban villamos gyújtással robbantottak. [...] A német támadáskor a közlekedési vonalak rombolását a belgáknak sikerült ugyan végrehajtaniok, de a lényeges zárásokat a meglepetésszerűen előretörő német utászcsapatok megakadályozták.”<sup>672</sup>

## 4.2. Szerkezeti elemek és építmények robbantása 1945–1990

A II. világháború után 1956-ig kellett várni az első építményrobbantással kapcsolatos cikkekre. Ez egy orosz katonai műszaki folyóiratban megjelent cikk fordítása volt a *fahidak robbantásáról*.<sup>673</sup> Az elején néhány általános ajánlást olvashatunk a robbantás előkészítéséről, amelyek az egyéb szerkezetű hidaknál is érvényesnek tekinthetők. „Korszerű viszonyok között a fahidak rombolásra való előkészítésének módszere és rombolása ugyanaz, mint a Nagy Honvédő Háború idején. Azonban az új harci eszközök alkalmazásának viszonyai között fokozottabb gondot kell fordítani a töltetek és a gyújtóhálózat tartósságára és felerősítésére a robbantandó tárgyhoz, olyan módon, hogy a gyújtóhálózat felerősítése ne csak a tűzérési és aknavetők belövései ellen védjék meg, hanem a korszerű fegyverek okozta léglökési hullám ellen is. Éppen ezért legcélszerűbb a tölteteket és gyújtóhálózatot a hossztartók belső felületére felerősíteni, a fővezetéseket pedig rejtjük (ássuk be), hogy megvédjük azokat a mechanikus, szilánk okozta sérülésektől és a csapatmozgások által előidézhető rongálódásoktól. Az elektromos fő gyújtóhálózatot a híd-szegély gerendájától kívülre eső pályaburkolat alatt, a szélső hossztartó mentén, durranó gyújtózsínórral megkettőzött hálózattal fektetjük le. A cölöpök robbantása a fővezeték robbanó tölteteiből leágazott durranó-gyújtózsínór segítségével történik. A cölöpökre erősített durranó-gyújtózsínór hálózat leginkább felrobbant lövedékek, aknák, légibombák szilánkjaitól vagy a robbanás következtében létrejött légnyomástól rongálódik meg. Éppen ezért a fővezeték robbanó tölteteiből kiinduló durranó-gyújtózsínórok alkalmazása a cölöpök (aljzatok) szerelésénél biztosítja a híd fedélzetének és egyes elemeinek rombolását még abban az esetben is, ha az egyes cölöpökhöz (aljzatokhoz) leágaztatott durranó-gyújtózsínór megrongálódik.”<sup>674</sup> Ezt követően példamutató alapossággal, kiváló ábrák segítségével mutatja be a szerző a robbantás előkészítését és végrehajtását. A tanulmány mellékleteket is tartalmaz: anyagszámvetést, egy-egy munkajegymintát a rajparancsnokoknak, egy kiképzési foglalkozási tervet és egy szakaszparancsnoki szóbeli parancsot a feladatról.

Ugyancsak hidak, de ezúttal már a *többmezős vas- és vasbeton hidak robbantásával* foglalkozott Rádi András a *Honvédségi Szemlében* 1962-ben megjelent cikkében.<sup>675</sup> „A vas- és vasbeton hidak robbantása igen komoly feladat, mely igen magas

<sup>672</sup> Balaton (1944): i. m. 397.

<sup>673</sup> T. Kaljagyin: Fahidak robbantása (Szovjet Katonai Műszaki Folyóirat cikkének fordítása). *Honvédségi Szemle*, (1956), 2–3. 165–180.

<sup>674</sup> Kaljagyin (1956): i. m. 165.

<sup>675</sup> Rádi András: Többmezős vas- és vasbeton hidak robbantása. *Honvédségi Szemle*, (1962), 2. 28–34.

fokú képzettséget igényel a műszaki alegységektől. A műszaki alegységek ezen követelményeknek adott esetben csak akkor tudnak maradéktalanul megfelelni, ha kiképzés közben a szerelési gyakorlatokat különböző típusú hidakon hajtják végre, s a feladat végrehajtása közben sem feltételezést, sem könnyítést nem engedélyeznek. Ez azt jelenti, hogy a napi kiképzés során mindig a nagyobb feladatot jelentő hidakon gyakoroljuk a szerelést, a robbantási keresztmetszeteket a legnagyobb feszítávolságú és legmagasabb aljazattal rendelkező hídmezőkön határozzuk meg. Ha a napi kiképzésben kerüljük az ideális körülményeket, akkor ismeretlen környezetben végrehajtandó feladat sem fog különösebb problémát okozni.” – írja bevezetőjében a szerző.<sup>676</sup>

A következőkben olyan gondot is feltár, amellyel a jelenlegi Robbantási utasításunk sem foglalkozik. „A hídmezők szerelését csak szerelőmezők alkalmazásával lehet végrehajtani. A vasbeton hidak szerelésének külön problémája, hogy igen nagy mennyiségű robbanóanyagot kell felhelyezni az egyes robbantandó elemekre. A vasbetonelemek zárt, sima felülete nem teszi lehetővé a töltetek rögzítését. Emiatt a tölteteket csak dűcolással, vagy állványozással lehet felerősíteni. A nagy vas- és vasbeton hidak sajátosságait vizsgálva megállapíthatjuk, hogy azok szerelésénél a szerelőmezők alkalmazása nélkülözhetetlen. A vasbeton hidaknál a töltetfelerősítés problémája a béke kiképzés során fokozottan jelentkezik, mivel a felszerelendő híd tartó- és pályaszerkezetét szigorúan tilos megbontani. Ebből következik, hogy a szerelőmezőket és szerelő állványokat igen nagy feszítávolságra (8-10 m) kell tervezni (méretezni), mivel azokat csak a korlátokhoz lehet rögzíteni. Igen sokan arra számítanak, hogy a nagy hidakon úgyis vannak állandó jellegű pályafenntartó kocsik, amelyek segítségével a szerelést gyorsan végre lehet hajtani. Meg kell mondani, hogy ezek csak illúziók, mert pályafenntartó kocsi csak igen kevés vashídon található, vasbeton hidakon pedig egyáltalán nincs. Így tehát a csapatoknak a maguk által elkészített szerelőmezőkről kell a hidak zömét felszerelni.”<sup>677</sup>

Ezt követően részletezi a hidak robbantásának megszervezését, majd a felvetett problémákra konkrét megoldásokat mutat be. Így részletes tervet közöl a szerelőmező tervezéséről és kitér annak felerősítésére a robbantandó hídmezőre. Ugyanígy útmutatást ad a töltetek felerősítésének módszereire, majd a robbantó részlegnek készítendő gyűjtőhely tervével fejeződik be a tanulmány. A benne foglaltak a mai műszaki katonák részére is hasznos útmutatással szolgálhatnak.

*Mueller Othmár 1965-ben írt Épületrobbantások* című cikke ugyan nem katonai folyóiratban jelent meg, azonban honvédségi érintettsége folytán bemutatjuk.<sup>678</sup> A szerző 1955–1977 között a Fővárosi Tanács Városrendezési és Építészeti Főosztályán dolgozott először mérnökként, majd főmérnökként, végül osztályvezetőként, így közvetlenül is érintett volt a nagy budapesti rehabilitációs épületbontásokban. Közleménye bevezetőjében így ír erről: „A napisajtó hírül adta, hogy a város közepén, a Nemzeti Színház épületét robbantással bontják. Mire e- sorok napvilágot látnak, a robbantást valószínűleg már megkezdték. Nemrégén az Engels-tér beépítéseinek eltávolítását robbantással oldották

<sup>676</sup> Rádi (1962): i. m. 28.

<sup>677</sup> Rádi (1962): i. m. 28.

<sup>678</sup> Mueller Othmár: *Épületrobbantások. Természettudományi Közlemények*, (1965a), 4. 158–161.



meg és ezzel teljes szépségében tárult ki az Engels-tér. A közelmúltban egy kéményt robbantottak el, a Boráros-téri hídnál. Felmerül a kérdés, vajon mi teszi indokolttá épületek robbantását és nem jár-e veszéllyel az ilyen bontás? Hogyan méretezzük az épületek robbantásos bontását? A világ nagyvárosaiban mindenütt nagy átépítési munka folyik. A városok átépítésének, egyes városrészek szanálásának vagyunk tanúi, mert kirívó ellentétek mutatkoznak az új korszerű lakótelepek és a belső városrész elavult, korszerűtlen épületei között. A közlekedés igényei is sürgetően jelentkeznek és követelik a belvárosok rendezését. Ezért számos épület lebontására kerül sor. Pl. Bukarest 350 000 lakásából 230 000 lakást kell fokozatosan lebontani, és Budapesten az 536 000 lakásból egyelőre mintegy 60.000 lakást kell majd eltávolítani. Eddig Budapesten évente 600-800 lakást bontottunk le, 1964-ben ez a szám 1000-1200-ra emelkedett és az elkövetkezendő években 2000-2500 lakás lebontásával számolhatunk.”<sup>679</sup>

Az említett *Nemzeti Színház robbantását* az akkor a Tűzszerész Zászlóaljnál szolgáló *Hegyi Ferenc őrnagy tervezte meg*, aki egy vele készült interjúbán így emlékezett vissza a történetekre. „1965-ben Hersiczky vezérőrnagy<sup>680</sup> behívatott és közölte, hogy fel kell venni a kapcsolatot a Polgári Védelemmel és a Fővárosi Tanáccsal, fel kell robbantani a Nemzeti Színházat. A robbantási terv már kész volt, de negyedyszerre akarták felrobbantani, ami nem ment a környező épületek rossz állapota miatt. Át kellett tervezni mindent. Alul volt két emelet, felül plusz négy, plusz a zsinórpádlás. Két műszakban dolgoztunk (16 katona volt velem). Minden nap 16,00-kor volt robbantás, a szállítás este és éjszaka folyt. Március-áprilisban el is végeztük a munkát [...] A Nemzeti Színházzal egy időben felrobbantottuk a Közraktár utcában az Elevátor-házat is. Másfél-két méteres falai voltak annak is. Ezután az Újpesti Hőerőműnél kellett ledönteni 5 darab hűtőtornyot (három betonból volt, kettő pedig zsidelyes szerkezetű). Öt méterre tőlük ott húzódott a magasnyomású gőzcső. Nem sérült meg semmi [...]”<sup>681</sup> A visszaemlékezésből még egy gondolatot idézünk: „1969 szeptemberétől tanítottam robbantást a Kossuth Lajos Katonai Főiskolán. Nyolc osztályt oktattam, egynek az osztályfőnöke voltam.”<sup>682</sup> A nyolc osztály egyikében tanult e könyv szerzője is, akit Hegyi Ferenc óráinak oly mértékben sikerült megfertőznie a robbantástechnika tudományával, hogy ő követte tisztelt és szeretett tanárát – annak nyugdíjba vonulása után – a katedrán.

Az eredeti cikkekre visszatérve, abban Mueller összefoglalja az épületbontásoknál alkalmazott módszereket, technikákat és technológiákat. Ezen belül még a fegyverzetétől leszerelt épületbontó harcokocsiról is olvashatunk a cikkben. Ennél fontosabb a robbantásos épületbontás helyzetének bemutatása. „A robbantás a fejlett robbantástechnikával rendelkező országokban (NDK, NSZK, SZU, USA, Franciaország, Románia) az ipar számos területén (bányászat, építőipar, közművesítés, vasipari alakítás stb.) mindennapos »szerszámmá« vált. Hazánk most kezd fejlődni e területen is, s reméljük, hogy az építőipari munkaerő problémáinkon könnyíteni fog a robbantásos bontás széles körű

<sup>679</sup> Mueller (1965a): i. m. 158.

<sup>680</sup> A Magyar Néphadsereg akkori műszaki főnöke.

<sup>681</sup> Lukács (1992b): i. m. 15–16.

<sup>682</sup> Lukács (1992b): i. m. 16.

alkalmazása.”<sup>683</sup> A cikk második részében ehhez a munkához nyújt segítséget a robbantásos bontás tervezésével kapcsolatos néhány szabály bemutatásával. Egy cikk terjedelme természetesen nem ad lehetőséget a kérdések részletes tárgyalására. A Műszaki Könyvkiadónál a cikk megjelenésének évében jelent meg a szerző *Korszerű épületbontás* című könyve, ahol viszont ezeket a kérdéseket részletesen kibontotta.<sup>684</sup>

Mueller Othmár másik építményrobbantással kapcsolatos cikkét a *Haditechnikai Szemle* közölte 1971-ben. Ebben a *vasbeton szerkezetek robbantásával* foglalkozott.<sup>685</sup> A robbantás megtervezésének időszakában felmerülő esetleges problémákról ezt írta: „A vasbeton-szerkezetű épületek robbantásához készítendő tervdokumentáció összeállítása előtt egy sereg kérdés vár tisztázásra. Mindenekelőtt nehézségeket okoz, hogy a három-négy évtizeddel ezelőtt vagy még régebben épült vasbeton-épületek tervei sokszor hiányosak, esetenként nem is lelhetők már fel. Nem egyszer fordult elő, hogy anyagbeszerzési akadályok miatt az építkezés közben más méretű anyagra módosították a vasalást, de ennek megfelelően a statikai terveket nem helyesbítették. A vasbeton-épületek vagy nagyobb szerkezetek robbantása előtt ezért próbafeltárásokat (próbaleroobbantásokat) kell végezni a vasalások tényleges helyzetének és jellegének megállapítására. Már nem egy esetben fordult elő és okozott meglepetést, hogy a sűrű vasalás miatt a robbantólyukak nem értek el. [...] Ismerni kell a robbantandó épületbe utólag beépített vagy már eredetileg is meglevő, de rejtett merevítő-összefogó szerkezeteket. Ezek »érzékeléséhez« bizonyos szakmai rutin is szükséges. Az acélső felszálló vezetékek kötegei, a liftakna-merevítők, az erős falkötő vasak a robbantási eredményt lényegesen megváltoztathatják, sőt adott esetben egyes épületrészek a robbantás ellenére megmaradnak. Az utólagos kiigazító robbantgatások igen kellemetlenek és nagy idő pazarlással járnak. [...] A fűrástechnika a vasbetonszerkezetek robbantásának egyik bonyolult tényezője. Magára a fűrásra az összes költségeknek 60-85%-a is eshet.”<sup>686</sup>

Ezt követően a Német Demokratikus Köztársaságban alkalmazott töltetszámítási módszereket foglalja össze a cikk második felében.<sup>687</sup>

A *Sajtos Gábor és Stefanics Ferenc* szerzőpáros 1984-ben írt cikkében – a fentiekkel ellentétben – az *épülettípusok jellemzőit a rombolhatóságuk szempontjából* vizsgálta.<sup>688</sup> A tanulmány célja az egyes építménytípusok katonai támadások elleni védőképességének vizsgálata és megerősítésük lehetőségeinek értékelése volt. Ugyanakkor érdekes megállapításokat találunk benne az egyes épülettípusok robbantással történő rombolhatóságáról is.

<sup>683</sup> Mueller (1965a): i. m. 159.

<sup>684</sup> Mueller Othmár: *Korszerű épületbontás*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1965b. A jelentősen átdolgozott, aktualizált második kiadás 1985-ben jelent meg.

<sup>685</sup> Mueller Othmár: Vasbeton-robbantások. *Haditechnika*, 5. (1971), 3. 86–89.

<sup>686</sup> Mueller (1971): i. m. 87–88.

<sup>687</sup> A szerző 1965 és 1974 között ösztöndíjas tanulmányokat folytatott az NSZK-ban, Hollandiában, Norvégiában, Dániában, Svédországban. Ezen belül 1967-ben az akkori NDK-ban robbantástechnikai képzésen is részt vett.

<sup>688</sup> Sajtos Gábor – Stefanics Ferenc: Épülettípusok jellemzői és rombolhatóságuk. *Honvédségi Szemle*, (1984), 7. 11–13.

A hagyományos, átlagosan ötemeletes téglapépületek a földszinti tartófalak átlagosan 103–77 cm szélességével akár megerősítés nélkül is védelmet nyújthatnak a szerzők szerint a hagyományos tűzeszközök ellen. „A téglapépítmények rombolása első sorban a tartófalak – irányított – robbantásával érhető el. Ilyenkor a tartófalak zömét robbantani kell, a biztos összeomlás érdekében.”<sup>689</sup>

A vasbeton épületek esetén külön foglalkozik a monolit és a vázas vasbeton szerkezetekkel.

„A monolit jellegű épületek öntött-falazattal készülnek. Igen szilárdak, s nehezen rombolhatók. Ez a gyakori földrengésekkel sújtott körzetek egyik legjobban bevált építési eljárása. A tartófalak általában 15-20 cm-esek, míg a térelválasztó elemek (közfalak) vastagsága 6-10 cm közötti. [...] A vasbeton épületek teljes rombolását csak alul végrehajtott robbantással lehet elérni, de ezt is csak akkor, ha a tartófalak zömét rombolni tudjuk. Amennyiben ez nem lehetséges, úgy legfeljebb csak részleges eredmény érhető el. Ezt viszont a nagy idő- és robbanóanyag felhasználás miatt csak a saját kézben lévő épületeknél lehet megoldani.”<sup>690</sup>

Az 1971-ben kiadott *Robbantási utasítás* sem foglalkozik a panelszerkezetű építmények robbantásával. Külön érdekessége tehát a tanulmánynak az ezzel foglalkozó része. „A panelépítmények lényege, hogy előregyártott – már megszilárdult – vasbeton fal- és födémlemezeket alkalmaznak, amelyeket a beemelés után rögzítenek. A panelek lehetnek lemezszerűek, merevített szegélyűek vagy bordások. Az egyes panelek közel azonos jellemzőkkel rendelkeznek, mint a monolit vasbetonból készült falak. A panelépületek szerkezete viszont eltérő. Az elemek rögzítése hegesztéssel és a panel-kapcsolatok kibetonozásával történik. [...] Míg a monolit jellegűnél egyáltalán nem, addig a panelosnál gyakran előfordulhat az ún. progresszív összeomlás, a panelos épület bármely szintjének rombolása (omlasztása), a fölötte és az alatta lévő szintek teljes tönkremeneteléhez vezet. [...] A panelépületek rombolása kevésbé bonyolult, mivel sarokmerevségük kisebb. [...] Teljes, vagy részleges rombolásukhoz a pillérek nagy részének robbantása szükséges. Egyes szinteken a tartófalak és födémek rombolását főleg a védő alkalmazhatja. A támadó szempontjából ezért veszélyes lehet a már birtokba vett épület is. [...] A teljes romboltság esetén is eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek a monolit és a paneles építmények. Míg a monolitnál a nagyobb épületdarabok, -részek többnyire egyben maradnak, addig az utóbbiakra inkább a „kártyavárszerű” összeomlás a jellemző. Az egyes épületszintek panelelemei egymásba (egymásra) csúsztatva alkotják a rombolás körzetét.”<sup>691</sup>

A cikk befejező részében a vázas építményeket értékeli a szerzők. „A vázas építményeknél a teherhordó szerkezetek vonalszerűek (pillérek, gerendák). [...] Az alkalmazott oszlopok és pillérek keresztmetszete 15x15 cm-től 60x60 cm-ig terjedhet. Alakjuk lehet kör, négyzet, téglalap keresztmetszetű, illetve lemezszerű. [...] A vázszerkezetek leggyakrabban acélból vagy vasbetonból készülnek. [...] Külső rombolásuk nehézkes, mert a burkoló

<sup>689</sup> Sajtos–Stefancsik (1984): i. m. 12.

<sup>690</sup> Sajtos–Stefancsik (1984): i. m. 12.

<sup>691</sup> Sajtos–Stefancsik (1984): i. m. 12–13.

elemek takarják a vázszerkezetet, belülről a paneles épületekéhez hasonlóan a pillérek és merevítő falak robbantásával omlaszthatók össze.”<sup>692</sup>

Az ellenséges csapatok mozgásának akadályozása érdekében végzett robbantási feladatokról már olvashattunk a II. világháború előtt megjelent cikkekben is. Az utak és műtárgyaik rombolásának hagyományos robbanóanyagok alkalmazásával történő végrehajtása mellett a „hidegháború” időszakában új eszközök, módszerek jelentek meg. A *Honvédelem* folyóirat 1983-ban közölte Kovács János cikkét, amely a „másik oldal”, a rombolt utat helyreállítani hivatott szakember szemszögéből vizsgálja ezt a kérdést.<sup>693</sup> Az alábbiakat írja: „Az erdős-hegyes terepen rombolásokkal rendszerint szorosokban, serpentineken, galériákon illetve vegyes szelvényű utakon számolhatunk, olyan helyeken, ahol letérési vagy megkerülési lehetőségek nincsenek. A rombolások és torlaszok létrehozhatók: útpálya és műtárgyak rombolásával (hidak, felüljárók, támfalak, lavinatetők stb.) és ráomlasztással. Megkülönböztetünk részleges és teljes rombolást. A teljes vagy tartós jellegű rombolás az útszakasz jelentős részének összefüggő rombolását jelenti. Elsősorban atomaknázarak aktivizálásával vagy atomtöltetek robbantásával hozhatók létre. Az így keletkezett akadály atomtöltetek alkalmazása esetén az igen magas sugárszint következtében jelentősen megnehezíti a műszaki munkát, sőt egy bizonyos ideig meg sem lehet kezdeni az akadályok elhárítását, az utak helyreállítását. A részleges rombolás alatt azt értjük, hogy az útszakasz néhány keresztmetszetében hoznak létre akadályokat és rombolásokat.”<sup>694</sup> Az eredmény pedig: „A csapatgyakorlatok tapasztalatai azt mutatják, hogy a rombolt útszakaszok helyreállítása rendkívül munkaigényes feladat, amelyhez jelentős erő, eszköz és idő szükséges. Jelentősebb útsomópont vagy hegyi út 100-150 fm hosszban történő helyreállítása a legjobban felszerelt mozgásbiztosító osztag számára is több napi munkát jelent. Mindez azt eredményezi, hogy a csapatok támadási üteme jelentősen lecsökken.”<sup>695</sup>

Nemcsak az utak, hanem a repülőterek rombolása is komoly gondot jelent – többek között – a csapatok gyors szállításának, utánpótlásának biztosítása céljából. Egy 1984-ben megjelent, a repülőterek rombolásáról szóló cikkben olvashatók erről az alábbiak.<sup>696</sup> „A jelenlegi harci repülőgépek számára a fel- és leszálló mező akkor tekinthető használhatatlannak, ha nincs 1000 méternél hosszabb és 15 méternél szélesebb épen maradt része. A fel- és leszálló mező »feldarabolása« tehát sokkal helyesebb terminológia, mint a »lerombolása«, mivel teljességgel elegendő meghatározott területek rombolása, felosztva ezzel a fel- és leszálló mezőt érintetlen, de méretei miatt használhatatlan területekre. [...] Az esetek többségében az akció eredményét nem az okozott fizikai károk nagyságával, hanem a kijavításukhoz szükséges idővel mérik. A cél az, hogy megbénítsák a légibázis tevékenységét, beleértve a hadtáp és javító tevékenységet is, legalább 24 óra időtartamra. Ez a követelmény vezetett az olyan eszközök kifejlesztéséhez, amelyek speciális tölteteket

<sup>692</sup> Sajtos–Stefáncsik (1984): i. m. 13.

<sup>693</sup> Kovács János: A rombolt utak helyreállítása erdős-hegyes terepen. *Honvédelem*, (1983), 8. 37–45.

<sup>694</sup> Kovács (1983): i. m. 38.

<sup>695</sup> Kovács (1983): i. m. 45.

<sup>696</sup> Ezio Bonsignore: A repülőterek rombolásáról (a *Military Technology* folyóirat 1984/2. számában megjelent cikk fordítása). *Honvédelem*, 35. (1984), 12. 37–42.

szórnak szét: becslések szerint a kis bombatölcsérek százaival használhatatlanná tett fel- és leszálló mező kijavítása nehezebb, mintha méreteiben nagyobb, de kisebb számú bombatölcsér akadályozná a repülőtér üzemelését. [...] A romboló hatású töltet alakját és összetételét úgy kell kiválasztani, hogy a robbanás a betont sok, nagyon apró részre törje szét, és ha lehetséges, a visszahulló törmelék ne a robbanási tölcser körül szóródjon szét, hanem töltse fel azt.”<sup>697</sup>

A Kovács János cikkében említett kis méretű, *diverziós célra kifejlesztett atomtöltetek* nem a fantázia szüleményei voltak. *Kőszegvári Tibor* 1985-ben az alábbiakat írta róluk. „A mögöttes területen, a hátsószágban és a szemben álló fél fegyveres erői hadművelleti csoportosításainak hátában tevékenykedő diverziós erők felszerelésében igen nagy hatású hordozható tömegpusztító (atom-, vegyi és biológiai) fegyverek vannak, amelyek bevetésével ezek az erők igen érzékeny veszteségeket okozhatnak a csapatok (elsősorban a második lépcsők és tartalékok), a fontosabb politikai és katonai vezetési pontok, a hadtápiintézetek és állami raktárak, a közlekedési vonalak és csomópontok, valamint egyéb nagy jelentőségű politikai, katonai és gazdasági objektumok személyi állományában és berendezésében. [...] A kis űrméretű hordozható atomfegyverek megjelenése [...] rendkívüli mértékben megnövelte a diverziós erők alkalmazásának lehetőségeit.”<sup>698</sup>

A kis méretű atomtöltetek (atomaknák) alkalmazásával többek között a csapatok felvonulási útvonalain számol, hidak, viaduktok, völgyzáró gátak, átjárók és vasúti csomópontok rombolása során. Konkrét harcanyag típusokról is ír. „Az 1960-as évek elejétől az Amerikai Egyesült Államokban és Nagy-Britanniában kísérletek folytak, hogy a már meglevő kis hatóerejű atomtöltetek felhasználásával könnyen hordozható és telepíthető, ún. »diverziós-atomaknák«-at vagy »romboló-atomlőszerek«-et fejlesszenek ki, és ezeket a diverziós csoportok rendszeresített fegyvereivé tegyék. E fejlesztő munkát nagymértékben meggyorsították és elősegítették az atomtöltetek miniatürizálása terén az 1960-as évek közepén elért eredmények. (A nyugati katonai szakértők diverziós célra három kis méretű atomaknát [romboló atomlőszert] tartanak alkalmasnak: M160, M127 és M129 jelzésű atomaknák. [...] Az M129 típusú atomaknát, amely kis súlya – 27 kg – következtében hátán (hátizsákban) hordozható, a diverziós alegység a raktárból teljesen összeszerelt állapotban kapja, telepítés előtt csak annak külső ellenőrzését és a gyújtás beállítását hajtja végre. Az M160 és az M127 típusú atomaknákat a diverziós csoport több darabra szétszerelve szállítja, és a helyszínen szereli össze. Mindhárom típus repülőgépen és helikopteren is szállítható és ejtőernyővel ledobható. Sor kerülhet az atomakna víz alatti alkalmazására is, különösen kikötői berendezések, hidak és völgyzáró gátak robbantásánál. Terepen történő telepítéskor a diverziós csoport általában a felszínen telepíti az aknát, legfeljebb 1-2 m-es mélységben. Az 1-2 m mélységű telepítés nem a hatás növelése, hanem az atomakna rejtése miatt történik. Az atomaknák telepítéséhez – a szükséges földmunka elvégzését nem számítva – kb. 15 perc szükséges.”<sup>699</sup>

<sup>697</sup> Bonsignore (1984): i. m. 41.

<sup>698</sup> Kőszegvári Tibor: Hordozható atom- és más tömegpusztító fegyverek a diverziós felderítő erőknél. *Honvédelem*, 36. (1985), 4. 44.

<sup>699</sup> Kőszegvári (1985): i. m. 45–46.

A nemzetközi politikai helyzet változása aztán ezeket a kis méretű „atomaknákat” elsöpörte. Az akkori nyugatnémet hadseregben a robbanó műszaki záruk előkészítésével kapcsolatos elvekről *Vaszilcsenko* alezredes a *Zarubezsnoje Vojennoje Obozrenyje* folyóirat 1986/8. számában megjelent cikkének magyar fordítását a *Honvédelem* 1987/6. számában olvashatjuk. A továbbiakban ebből idézünk egyrészt azért, hogy bizonyítsuk: a harcászati/hadműveleti elvek alapvető törvényszerűségei államoktól, rendszerektől, országhatároktól függetlenek. Az eltérések elsősorban az adott terület adottságaiból és az adott fegyveres erők által alkalmazható harceszközök és -anyagok különböző technikai paramétereiből és hatékonyságából fakadnak. Másrészt egy konkrét útrombolási feladat révén érzékeltetni akarjuk, hogy a megfelelő helyen végrehajtott, az ellenség mozgását nagy hatékonysággal gátló útrobbantás előkészítése is nagy fokú felkészültséget, komoly erő- és eszközráfordítást igényel.

„A Bundeswehr katonai szakértői szerint a záruk alkalmazása az egyik legfontosabb tényező, amely befolyásolja a harctevékenységek menetét. Az aknatelepítés korszerű mechanizmusa és a távaknásítás eszközeinek fejlődése nem csökkentette a robbanó- és nem robbanózárak hagyományos fajtáinak jelentőségét. Például a hidak és az utak adott részeinek vagy más felépítményeknek a robbantását magas hatékonyság jellemzi, azonban nagy munkaráfordítást, sok időt és jelentős létszám bevonását igényli. Úgy számolnak, hogy az ilyen záruk létrehozását még békeidőben meg kell kezdeni a hadszíntér-előkészítés keretében. [...] A fő figyelmet az időbeni előkészítésre fordítják, amely magába foglalja a hidak, átjárók, gátak, zsilipek, autóutak és vasútvonalak részenkénti robbantáshoz való készenlétét, ezzel biztosítják a záruk létrehozását és a csapatok zavartalan tevékenységét. A robbantáshoz előkészített felépítmények kihasználását, többek között a szállítóeszközök forgalmát békeidőben nem szabad korlátozni. [...] Technikai szempontból a hidak, útátjárók és gátak robbantáshoz való előkészítése feltételezi a robbanókamrák és csatornák megépítését a robbanóanyag tölteteinek elhelyezése és rögzítése, a gyújtóhálózat lefektetése céljából, továbbá a zárrendszer objektumainak felszerelését kisegítő eszközökkel (létrákkal, feljárókkal stb.). [...]”

Az utak és a töltések szakaszait ott jelölik ki robbantáshoz, ahol a terepviszonyok nem teszik lehetővé a kialakult akadály megkerülését, és a robbantás nem veszélyeztet más fontos objektumokat, mint például a csővezeték- vagy a kábelhálózat. A robbantáshoz való előkészítés során az út- (töltés) testen berendeznek néhány beton kutat (a robbanótöltet elhelyezésére 700 kg-ig) és kapcsolókamrát, amelyek a másik oldalon helyezkednek el. Közöttük csatornákat építenek ki a fő- és a tartalék robbantóháló számára. A kutak mélységét számvetésekkel határozzák meg és elérheti az 5-7 m-t. A kútba a bejutás fémfedéllel ellátott nyíláson keresztül történhet, csapos kulcs segítségével. A kútban a robbanóanyag speciális tölteteit tervezik elhelyezni 25 kg-os vastag korongok formájában, amiket horoggal ellátott rudak segítségével engednek le.”<sup>700</sup>

<sup>700</sup> V. Vaszilcsenko: Robbanó aknazárak előkészítése az NSZK területén. (Fordítás). *Honvédelem*, 38. (1987), 6. 53–54.



A vizsgált időszak utolsó bemutatásra kerülő anyagát Lukács László írta 1986-ban, a számítógépek alkalmazásának lehetőségeiről a robbantási feladatok tervezésében.<sup>701</sup> Ma már talán megmosolyogtatják az olvasót az alábbi sorok, de abban az időben bizony újdonságnak számítottak a közleményben megfogalmazott gondolatok. „Tíz éve még csodájára jártunk, öt éve vállalati státuszszimbólumnak számított, ma pedig a középiskolákban tanítási segédeszköz, játékszer, napi életünk része – ez a számítógép. Hónunk alá vehető, zsebre tehető, és televíziós készülékhez csatlakoztatva, kazettáról a programot elindítva eddig elképzelhetetlennek tartott gyorsasággal képes bonyolult számítási, sőt tervezési feladatokat elvégezni. De mit hoz a jövő, miben segíthet ez az ördögös szerkezet harcban az alegység parancsnoknak? Úgy vélem, nagyon sokat. Hiszen bármilyen logikailag rendezett folyamatról készíthető számítógépes program és hasonló helyzetben ez eredményesen alkalmazható. Lassan lezárul a szekrényt megtöltő okmányok, a füzetnyi vastagságú tervek kora, és fel kell készülnünk arra, hogy nem is olyan soká a műszaki szakaszparancsnok egy könyv nagyságú számítógéppel megy el hidat felderíteni, ha éppen olyan kivételes híddal találkozik, amely adatai nincsenek meg valahol, valamelyik mágnesszalag memóriájában, és a sci-fi filmek módján rádiókapcsolatot létesítve az alegység vagy egység központi számítógépével, közölni tudja az adatokat. A gép azok alapján, percekben belül kiírja és megrajzolja (plotter segítségével) a hídrobbantás legcélszerűbb változatát és a munka szervezését. Vagy a helyszínen (akár a kazettán levő program segítségével) tud elhatározásra jutni a rombolást illetően, persze megint csak konkrét robbanóanyag számvetés, hálózatszámítás, munkaszervezés stb. alapján, amelyet a gép szalagon kinyomtat. És akkor az MBO-parancsnok<sup>702</sup> majd nem szabályzatokat cipel magával, hanem magnókazettát, amelyen az esetlegesen előforduló valamennyi feladatra vonatkozó program megtalálható, és pillanatok alatt képes lesz elhatározást hozni a híd építésére, út helyreállítására, átjáró szélesítésére, torlasz eltávolítására vonatkozóan, és más menet közben adódó helyzetben. Fantázia? Nem, a realitások feszítő ereje követeli a munka- és energiaigényes – ugyanakkor unásig ismételt – feladatok megtervezési, megszervezési folyamatának felgyorsítását, a jelenlegi (a feladat végrehajtása szempontjából) rengeteg »holt idő« kiküszöbölését. És ha valahol, akkor a hadseregen belül óriási perspektívája van a személyi számítógépeknek, hiszen az egyes harcjeljárásokban az azonos szervezeti kereteből adódóan, azonos feladatok jelentkeznek mindenhol, tehát központilag készített és sokszorosított programok segítségével óriási lépést lehetne tenni a harctevékenység meggyorsítása, dinamikájának növelése terén. Mert a programokat nem az alegységparancsnoknak kellene (kell) írnia, neki csak a felhasználását kell megtanulnia (mennyivel egyszerűbb és mennyivel kisebb speciális felkészültséget, időt igényel).”<sup>703</sup> A Kossuth Lajos Katonai Főiskolán az 1986/87-es tanévtől kezdődött el a számítógépek

<sup>701</sup> Lukács László: Számítógépek a robbantási feladatok tervezésében. *Honvédségi Szemle*, (1986b), 8. 50–54.

<sup>702</sup> Mozgásbiztosító Osztág. Támadásban létrehozott ideiglenes harcrendi elem, amelynek állománya első-sorban út- és hidépítő, valamint utász alegységekből áll, megerősítve gépesített lövész-/harckocsi-biztosító alegységgel, esetleg vegyvédelmi és (a várható feladatok függvényében) egyéb szakalegységekből kijelölt erőkkel. Feladata a harcoló csapatok előrevonási útvonalainak előkészítése és fenntartása.

<sup>703</sup> Lukács (1986b): i. m. 50–51.

alkalmazásának oktatása. Az akkori HT-2080Z iskola-számítógépre BASIC programozási nyelvben írt kis program található a cikk második felében, amelynek segítségével a híd konkrét adatainak megadása után „pillanatok alatt meghatározható a robbantandó fémhíd rombolási keresztmetszeteinek helye (ha elég idő áll rendelkezésre az előkészítésre), illetve azonnali rombolás szüksége esetén egyből meghatározza a közbehelyezett töltet súlyát is, a rombolási sugár függvényében”.<sup>704</sup> A kis programot ezt követően továbbfejlesztették Commodore 64 számítógépre, és a különböző szerkezetű hidak (fa-, fém-, beton- és vasbeton) robbantásához a rombolási helyek meghatározásán kívül kiszámolta a hídpillérek vízszintes vagy ferde keresztmetszetben való rombolásához szükséges töltetek számát, tömegét és elhelyezését is. Az anyaggal a szerző 1987 tavaszán tudományos diákköri dolgozatként elnyerte a Zrínyi Miklós Katonai Akadémia parancsnokának nívódíját<sup>705</sup>, majd 1990-ben a Kujbisev Katonai Műszaki Akadémia végzős hallgatójaként benyújtva, a Szovjetunió Honvédelmi Minisztériuma műszaki főnökének dicséret oklevelét (2. díj)<sup>706</sup>. A programot a Magyar Néphadseregben, majd ezt követően a Magyar Honvédségben sohasem alkalmazták. Annak idején a csapatok nem rendelkeztek megfelelő hardveres háttérrel hozzá, később pedig senki sem tartotta szükségesnek, hogy a TURBO BASIC programozási nyelvben készült anyag továbbfejlesztésre kerüljön egy – a kornak megfelelő – szoftverre. A cikkben felvázoltak így sajnos csak víziók maradtak annak ellenére, hogy abban az időben már elérhetőek voltak olyan laptopok és notebookok Magyarországon is, amelyek mind a mostoha időjárás és terepviszonyok (hőmérséklet, csapadék stb.), mind pedig az adat- és titokvédelem szempontjából alkalmasak voltak a katonai alkalmazásra. A *Műszaki Katonai Közönyben* is olvasható volt egy ezzel kapcsolatos közlemény, amely egy német military PC-ket forgalmazó magyar cég TEMPEST<sup>707</sup> szabványának megfelelő KONTRON hordozható laptopjait mutatja be.<sup>708</sup>

Ma sincs robbantási feladatokat tervező program a hazai műszaki csapatoknál.

<sup>704</sup> Lukács (1986b): i. m. 51.

<sup>705</sup> Lukács László: *Vasbeton hidak robbantásának tervezése. Számítógépes program.* A Zrínyi Miklós Katonai Akadémia Parancsnokának Nívódíjában részesített TDK-pályamunka, 1987b.

<sup>706</sup> Lukács László: *Пути повышения эффективности разрушения железобетонных мостов с использованием ЭВМ (A vasbeton hidak rombolása hatékonyságának növelési lehetőségei számítógép alkalmazásával).* A Szovjetunió Honvédelmi Minisztériuma Műszaki Főnökének dicséret oklevelével díjazott (2. díj) TDK-pályamunka. Moszkva, Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, 1990.

<sup>707</sup> Minden elektromos eszköz bocsát ki magából elektromágneses jeleket. Ez a fizikai jelenség lehetővé teszi, hogy megfelelő eszközök alkalmazásával a kisugárzott jelekből reprodukálható legyen az eszközön kezelt eredeti adat. Minősített adat elektronikus úton történő kezelése esetén a kompromittálódás elleni fő feladat a minősített adatot tartalmazó kisugárzás minimális szintre csökkentése, ami megakadályozza az adat reprodukálhatóságát, annak illetéktelen kezekbe jutását. E módszer és a rá vonatkozó szabályok összefoglaló neve a TEMPEST. Az ezzel a minősítéssel ellátott eszközök speciális árnyékolástechnikai követelmények (NATO SDIP-27/x) szerint tervezett, gyártott és a nemzeti biztonsági hatóságok tanúsítványával ellátott csökkentett kisugárzású, ún. TEMPEST Level A, B vagy C minősítésű berendezések. [www.nbf.hu/hasznos-informaciok/tempest/](http://www.nbf.hu/hasznos-informaciok/tempest/)

<sup>708</sup> Hargitai Péter: Terepen használható military PC-k Németországból. *Műszaki Katonai Közöny*, 6. (1996), 3. 3–7.

### 4.3. Szerkezeti elemek és építmények robbantása 1990-től

A fent bemutatott katonai hidrobbantási számítógépes szoftver „sikertelenségével” szemben az ipari robbantástechnikában ebben az időben már elterjedten alkalmaztak robbantási tervező szoftvereket. A *Műszaki Katonai Közlöny* 1991. évi induló számában *Földesi János*, a Miskolci Egyetem docense, egyben a PBS<sup>709</sup> Európa Kft. ügyvezető igazgatója az alábbi, általuk forgalmazott *robbantástechnikai feladatokat tervező szoftvereket* mutatta be:<sup>710</sup>

- Blast Designer: nagy fúrólyukas külszíni kőbányászati robbantásokat tervező program;
- Delay Selector: a közetrobbantásnál az egyes fúrólyukakban lévő töltetek egymáshoz képest történő indítása késleltetési idejének optimalizálása;
- Építményrobbantás-tervező szoftver: 46 különböző szerkezetű és típusú épületelem robbantástechnológiai paramétereinek meghatározása, amelynek segítségével egy építmény robbantásos bontásának hagyományosan többhetes tervezési fázisa néhány órára csökkenthető.

Az 1980-as évek közepén írt cikkekben már olvashattunk a *völgyzáró gátak rombolásáról*. Ezek a masszív építmények hagyományos úton odaszállított töltetekkel csak jelentős idejű előkészítés után robbanthatók fel. Ezért is történt utalás a jelzett két közleményben harcászati atomtöltetek ilyen célú felhasználására.

A történelmi múltból egy unikális példát mutat be *Bartha Endre* 1992-es cikke a *Honvédségi Szemlében*,<sup>711</sup> amikor a *II. világháború alatt* az angol légierő a németországi *Möhne és Edge folyók vízzáró gátjai ellen intézett támadást*. *Léka Gyula* vízzárakról szóló 1979-es tanulmányában már olvashattunk részleteket erről a harccselekményről. „Németország hátszági területén az angol légierő hadászati céllal rombolta az egyik víztározót. A Ruhr-vidéki ipari objektumok kikapcsolására az angolok kidolgozták a Möhne mesterséges tó völgyzáró gátjának rombolását. A gát 625 m hosszú, 39 m magas, a fal vastagsága alul 39, felül 5 m volt. A tározott víz tömege 132 millió köbméter. A gát anyaga beton és mészke. A rombolást különleges torpedóval végezték, amelynek súlya 2,5 t volt. A támadást 1943. május 17-én maximális feltöltésnél, meglepetésszerűen hajtották végre. A torpedó a víz szintje alatt 20 m-re robbant 15 m-es falvastagságnál. A robbanás eredményeként 77 m széles és 23 m mély rés keletkezett. A levonult árhullám

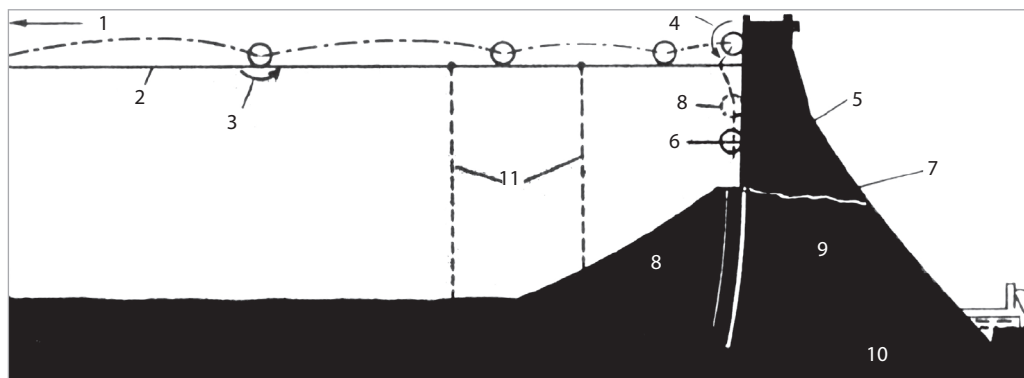
<sup>709</sup> Precision Blasting Service – dr. Kónya Kálmán (Calvin J. Konya) professzor által létrehozott, robbantástechnikával foglalkozó amerikai cég. Harmadik generációs magyarként az 1990-es években próbálta felkarolni a magyar ipari robbantástechnikát. 1996-ban segítettem a Zrínyi Miklós Katonai Akadémián tartott Robbantástervezési technikák a külszíni bányászatban című háromnapos szemináriumának megszervezésben. A számos külföldi elismeréssel rendelkező Kónya professzor többek között a Magyar Tudományos Akadémia külső tagja is volt. 2021-ben hunyt el. <https://isee.org/news/969-in-memoriam-dr-calvin-konya-a-founding-father-of-isee-and-educator>

<sup>710</sup> Földesi (1991): i. m. 29–37.

<sup>711</sup> Bartha Endre: A gátromboló légiaknától a bunkertörő szuperbombáig. *Honvédségi Szemle*, (1992), 6. 128–133.

10 m magas volt. A víz rombolta az ipari berendezéseket és 1200 fő halálát okozta. A rombolás helyétől 60 km-re Essen körzetében a folyón levonuló árhullám magassága még mindig 2 m magas volt.”<sup>712</sup>

Bartha cikkében annyi pontosítást találunk, hogy a támadást nem torpedóval hajtották végre, tekintve, hogy a németek erre számítva speciális torpedóvédő hálót feszítettek ki az építmény elé. *Dr. Barnes Wallis*, a Vickers repülőgépgyár tervező főmérnöke egy speciális „ugráló bombát” fejlesztett ki erre a célra *Upkeep* néven (66. ábra). A 9250 font (4200 kg) össztömegű, 6600 font (3000 kg) Torpex robbanóanyagot<sup>713</sup> tartalmazó, henger alakú robbanószerkezetet (hossza 152 cm, átmérője 127 cm) egyedül a Királyi Légierő (RAF) Lancaster bombázói bírták el, amelyekhez egy speciális bombavető szerkezetet is kellett készíteni. A robbanótestet ugyanis a nagy sebességgel (390 km/h), kis magasságban (18 m) történő ledobás előtt még 500 fordulat/perc sebességgel meg is kellett pörgetni, hogy a gyerekek vízparti játékához hasonlóan kacsázzon a vízen, mint az eldobott lapos kő. A bomba ezáltal a vízfelszínen pattogva érte el a célt, kikerülve a torpedóelhárító hálót, majd a gát koronájának ütközve lesüllyedt, és az építmény víz alatti talapatánál robbant.



66. ábra: Az *Upkeep* „ugráló bomba” működése. Megjegyzés: 1 – ledobás a céltől 400 méterre; 2 – vízfelület; 3–4 – a vízben „ugráló” bomba forgásiránya; 5 – robbanási pont; 6 – a csavaróerő a bombát nekinyomja a gát falának; 7 – hozzávetőleges törési vonal; 8 – kőgát; 9 – a fal lábazata; 10 – sziklaágy a mederben; 11 – acélsodrony hálók.

Forrás: Bartha (1992): i. m. 129.

1943. május 17-én a Chastise hadművelet keretében a RAF 617. század 21 bombázója (a bomba nagy súlya miatt a páncélzat és egyes védelmi fegyverei nélkül) hajtotta végre a támadást az „ugráló bombákkal” a Möhne és az Edge gátja, majd ennek sikere esetén a Sorpe gátja ellen. Az első kettőt sikeresen átszakították, a Sorpe gátat csak megroggálni tudták. A robbantás eredményeként mintegy 330 millió tonna víz árasztotta el

<sup>712</sup> Léka Gyula: Figyeljünk a vízárazakra. *Honvédelem*, 30. (1979), 2. 30.

<sup>713</sup> Ismert még HBX-3 néven: 31% RDX; 29% TNT; 35% alumíniumpor; 5% D2; 0,5% CaCl tartalmú robbanóanyag, hatóereje 50%-kal meghaladja a tritilét.

a Ruhr-vidék nyugati felét 80 km sugarú körben. Gyárak, hidak, vasúti szakaszok semmisültek meg, és lakóházak százai dőltek romba. Több szénbányát is elárasztott a víz.

A Chastise hadműveletnek tudható be, hogy *nemzetközi megállapodással* kívántak gátat szabni a hasonló akcióknak, amelyek elsősorban a fegyvertelen lakosságot veszélyeztetik. *A genfi egyezmény 1977-es első kiegészítő jegyzőkönyvének 56. cikkelye* kimondja, hogy:

„1. A veszélyes erőket tartalmazó üzemek, vagy berendezések, nevezetesen gátak, töltések és áramszolgáltató atomerőművek ellen akkor sem szabad támadást intézni, ha azok katonai célpontot képeznek; amennyiben a támadás veszélyes erőket szabadíthat fel, és ennek következtében súlyos veszteségeket okozhat a polgári lakosság körében. Az ilyen művek, vagy berendezések mellett, illetve közelében levő más katonai célpontok ellen sem szabad támadást intézni, ha a támadás az érintett művekből, vagy berendezésekből veszélyes erőket szabadíthat fel, és ennek következtében súlyos veszteségeket okozhat a polgári lakosság körében.

2. a támadás ellen az 1. bekezdésben előírt különleges védelem megszűnik;

a) gát, vagy töltés esetében csak akkor, ha azt nem rendeltetésének megfelelően és katonai műveletek rendszeres, jelentős és közvetlen támogatására használják, és ha a támadás a támogatás megszüntetésének egyetlen lehetséges módja”<sup>714</sup>

Az Egyesült Királyság 1998-ban ratifikálta az egyezményt, de az 56. cikkelyhez a *következő kitételt* fűzte. Az Egyesült Királyság nem garantálhatja olyan létesítmények feltétel nélküli sérthetetlenségét, amelyek hozzájárulnak a szemben álló fél háborús erőfeszítéseéhez, sem az ezen létesítmények védelmében részt vevőkét, de a rendelkezésre álló adatok alapján (beleértve a létesítményen feltüntetett jelzéseket) kellő körültekintéssel fog eljárni minden katonai művelete során, amelyet az 56. cikkely (1) bekezdésében felsorolt létesítményekben vagy ezek közelében folytat, hogy elkerülje a súlyos veszteségeket a civil lakosság körében; és ilyen létesítmények elleni támadást kizárólag magasabb szintekről kapott megerősítés után indít.

Az épületek harcászati célú robbantásával kapcsolatban Veress Róbert 1996-ban írt *kétrészes tanulmányában az épületek romosodási folyamatának prognosztizálásával, a romterhek számításával* foglalkozik. *A cikk első részében* meghatározott kutatási cél szerint „a vizsgálataink során olyan kérdésekre kerestük a választ, hogy egy védelmi objektum berendezése céljából kiválasztott épület mennyire felel meg a célnak, milyen védő- és rombolásokkal szembeni ellenálló képességgel bír; milyen kiegészítő rendszabályok (pl.: az épületszerkezetek megerősítése, tartalék kijárat-, menekülő utak berendezése stb.) bevezetésére van szükség; az épület milyen rombolási fokáig marad alkalmas a meghatározott funkció ellátására.

Alapvető célunk az volt, hogy a különböző fokú épületrombolások (rombolódások) morfológiai, statikai és dinamikai törvényszerűségeinek elemzése útján olyan számítási

<sup>714</sup> 1989. évi 20. törvényerejű rendelet a háború áldozatainak védelmére vonatkozóan Genfben 1949. augusztus 12-én kötött Egyezménynek I. és II. kiegészítő Jegyzőkönyvének kihirdetéséről.

eljárást dolgozzunk ki, amellyel prognosztizálhatjuk a fokozatos rombolás során az épületben beálló változásokat, a romosodás folyamatát és a keletkező rom geometriai- és tömegparamétereit.”<sup>715</sup>

Egy építmény robbantása eredményének, akadályképző hatásának előzetes becsléséhez is értékes segítséget jelenthetnek a szerző számításai, az elején a következőket szögezi le: „Az elemzéseink kiinduló alapjául szolgáltak azon gyakorlati tapasztalatok, melyek azt mutatták, hogy az épületek rombolódása során olyan sajátos »rom alakzat« jön létre, melynek geometriai- és tömeg paramétere az épület eredeti paramétereivel leírható. A szakirodalomban közölt megfigyelések szerint az épületek rombolása (különböző katasztrófák következtében beálló rongálódása) során keletkező rom olyan alakzatot vesz fel, melynek magassága az épület tengelyének vonalában a rombolt szintek magasságának mintegy egyharmada, az épület határfalaitól mért szélessége pedig a rombolt magasság felének felel meg. Az épület határain belül pedig az épület méreteitől és a rombolás fokától függő magasságú rom marad vissza.”<sup>716</sup> A leírtakat a 67. ábrával szemléltette.

A leírtakhoz a szerző az alábbi megjegyzést fűzte: „A leírt rom forma kialakulása kis rombolási magasság esetén teljességgel csak a hagyományos (vagy kisblokkos) építésű- és szerkezetű épületekre lehet igaz. A nagy-paneles épületeknél ez a forma csak akkor alakulhat ki, ha a tartószerkezet (felmenőfalak) panelmagasságának két- vagy többszörösét meghaladó a rombolási magasság. A panel szerkezetű épületek rombolásakor keletkező rom alakzatban kialakuló méret- és tömegarányok – feltételezésünk szerint – meg fognak egyezni az ábrákon illusztráltakkal. Alapvető eltérés abban lesz, hogy a törmelék nagy darabokból, esetenként egész panelekből is állhat, ami a törmelék elhordását, bontását nehezíti, mivel a panelek vasalása nem minden esetben fog megszakadni a rombolás során.”<sup>717</sup>

A cikk második részében egy számítási metodikát közöl a szerző az épületek védelemre való alkalmasságának értékelésére és az erődítési berendezésük feladatainak meghatározására.<sup>718</sup> A vizsgálat megállapításainak lakótelepi viszonyok közötti érvényességével kapcsolatban leszögezi: „Az egymás mellett álló épületek esetében a rom határ meghatározásakor a magasabbik épület lesz a mértékadó, illetve vizsgálni kell a két épület rombolásakor külön-külön keletkező rom alakzatok paramétereit. A romalakzat paramétereinek és kialakulásuk viszonyainak, a házak közötti terekre gyakorolt hatásaiknak a meghatározásakor a vizsgált területet az ott elhelyezkedő épületekkel együtt mérethelyesen megrajzoljuk és a rom alakzat paramétereinek meghatározására grafoanalitikus módszert alkalmazunk.”<sup>719</sup> Ma már természetesen ezt a munkát számítógépes

<sup>715</sup> Veress Róbert: Számítási eljárás a többszintes épületek romosodási folyamatának prognosztizálására és a keletkező romterhelések meghatározására I. *Műszaki Katonai Közöny*, 6. (1996a), 1. 29–47.

<sup>716</sup> Veress (1996a): i. m. 30.

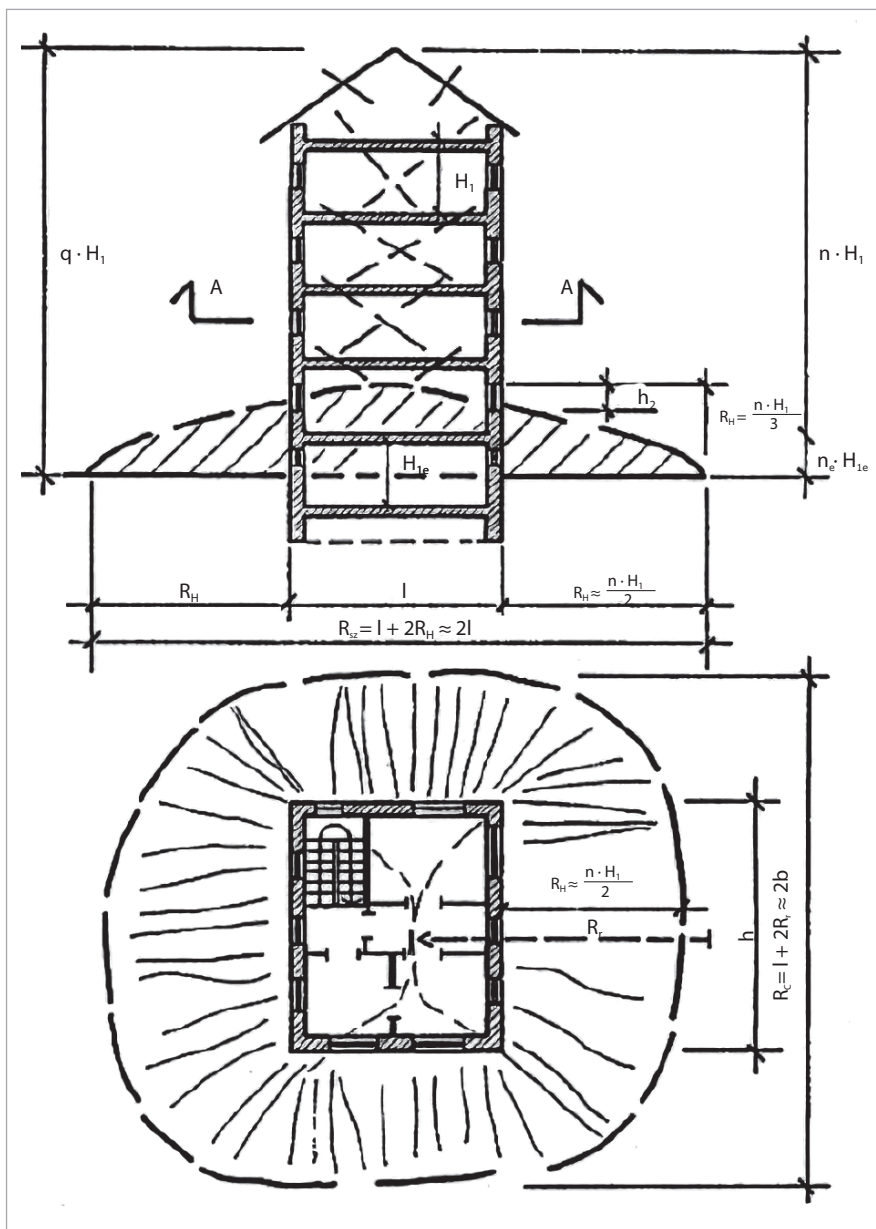
<sup>717</sup> Veress (1996a): i. m. 35–36.

<sup>718</sup> Veress Róbert: Számítási metodika az épületek védelemre való alkalmasságának értékelésére és erődítési berendezésük feladatainak meghatározására II. *Műszaki Katonai Közöny*, 6. (1996b), 2. 14–25.

<sup>719</sup> Veress (1996b): i. m. 23.



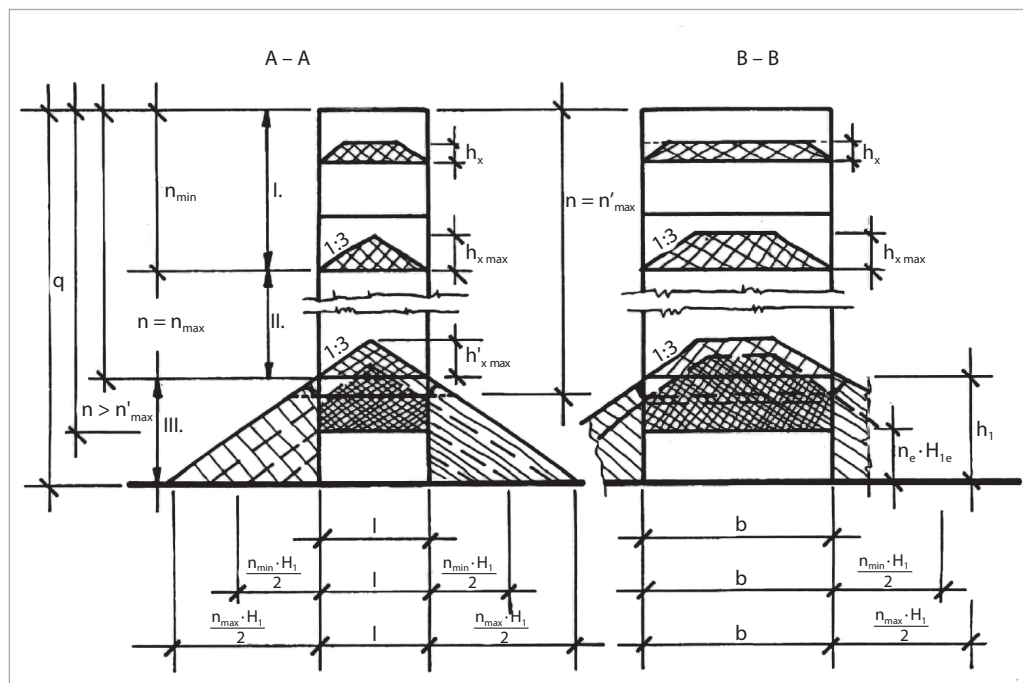
programok végezhetik el, de harchelyzetben egy műszaki alegységparancsnoknak még mindig segítséget jelenthet ezek hiányában.



67. ábra: Rombolt épület romhatára és rommagassága

Forrás: Veress (1996a): i. m. 31. 1. ábra.

Még egy érdekes megállapítás található a cikkben. „Figyelembe véve, hogy a rom alakzat 1:3 meredekségű rézsúkkal alakul ki, így belátható, hogy a nem rombolt földemre jutó rom tömeg is és az épület köré lehulló rom tömeg is ilyen szabályossággal fog kialakulni.”<sup>720</sup>



68. ábra: Romalakzat-paraméterek különböző rombolási esetekben

Forrás: Veress (1996a): i. m. 34. 3. ábra.

Bohus Géza ipari robbantástechnikával foglalkozó két tanulmányát a *Műszaki Katonai Közlönyben* olvashatjuk. 1997-ben a hazai fűrés- és robbantástechnika legfontosabb feladatairól közölt egy összefoglaló tanulmányt.<sup>721</sup> A magyarországi és a nemzetközi helyzet összevetése, értékelése képezi az anyag első részét. A katonai és a polgári robbantástechnika korábbi években tapasztalt szembenállásának kérdéséről megállapítja: „Több évig tartott, amíg tisztázódott a bányászati és egyéb ágazati (tehát civil) érdekkörbe tartozó robbantások, valamint a katonai jellegű feladatok közötti érdekviszony. Mára mindenki előtt egyértelművé vált, hogy e két terület békésen megélhet egymás mellett, és mindkét fél javát szolgálja, ha megismerhetik és felhasználhatják egymás eredményeit.” Az ipari robbantástechnika terén szükséges fejlesztésekről minden szakterület vonatkozásában leírja észrevételeit, amelyeket egy összefoglaló táblázatban is közzétesz, összevetve azokat a külföldi irányzatokkal.

<sup>720</sup> Veress (1996a): i. m. 33.

<sup>721</sup> Bohus Géza: A magyarországi fűrés- és robbantástechnika legfontosabb fejlesztési feladatai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 7. (1997), 1. 12–21.

7. táblázat: Az ipari robbantástechnika helyzete és fejlesztésének feladatai

| Szakterület                   | A jelenlegi hazai helyzet                                                      | Irányzatok külföldön                                                                       | Fejlesztési feladatok                                                                                                    |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Robbanóanyag</i>           | Visszafejlődés a gyártásban.<br>Fokozódó import.<br>Hő- és nyomásálló anyagok. | Választékbővítés. Emulziók és por alakú anyagok vízállóvá tétele.<br>Komplex szolgáltatás. | Primer robbanóanyagok gyártása.<br>Kell a paxit.<br>Megfelelő robbanóanyagok kiválasztása és újabb vizsgálati módszerek. |
| <i>Robbantószerkek</i>        | Új gyutacs-fokozatok.                                                          | Hosszú, pontos sorozatok.<br>NONEL-féleségek.                                              | 40 g/fm robbantózsínór.<br>Hazai gyutacs-gyártás.<br>NONEL.                                                              |
| <i>Külszíni bányászat</i>     | Lassú fejlődés.                                                                | Szintmagasság növelése, robbantózsínór vagy fordított indítás.                             | Környezetvédelem fokozása.<br>Számítógépes tervezés.                                                                     |
| <i>Föld alatti bányászat</i>  | Gyors visszafejlesztés.                                                        | A fejlett országokban fokozatos visszafejlesztés.                                          | Típus technológiák kidolgozása. Kőzetkímélő robbantások.                                                                 |
| <i>Szénhidrogén-bányászat</i> | Új hő- és nyomásálló töltetek, szerkezetek.                                    | Tubing Conveyed Perforating (TCP) módszer.                                                 | Áttérés a TCP-módszerre.<br>Szeizmikus kutatási eljárások fejlesztése.                                                   |
| <i>Építmények bontása</i>     | Csökkenő igény.<br>Új gépek.<br>Sok társaság.                                  | Robbantás és gépi bontás észszerű kombinációja.<br>Számítógépes tervezés.                  | Fokozott környezetvédelem.<br>Számítógépes tervezés.<br>Szakmai együttműködés.                                           |
| <i>Különleges robbantások</i> | Kevés új eredmény.<br>Plattírozás.                                             | Precíziós fémvágás.<br>Ipari és katonai munkák kombinációja.                               | Ipari és katonai munkák kombinációja.<br>A bevált technológiák archiválása                                               |
| <i>Fúrás</i>                  | A tartalékok felélése.                                                         | Számítógépes vezérlés.<br>Színvonalas szolgáltatás.                                        | Ajánlás gépkiválasztáshoz.                                                                                               |
| <i>Szabályzatok</i>           | Végre megkezdődött a módosítás.                                                | Szigorodó előírások.                                                                       | További egyeztetések a külföldi szabályzatokkal.                                                                         |
| <i>Szakemberek</i>            | Élesedő konkurencia.<br>Szakmérnök-képzés.                                     | Robbanóanyag-gyártók erősödése.<br>Korszerű iskolák.                                       | Egységes képzés, továbbképzés.<br>Szakmai képzés folytatása.                                                             |

Forrás: Bohus (1997): i. m. 19–20.

Bohus Géza második cikke a *robbantásos épületbontás* biztonsági, gazdasági és környezetvédelmi előnyeit taglalja az egyéb technikákkal és technológiákkal szemben.<sup>722</sup> A közlemény végén a fentiekhez hasonlóan egy táblázatban foglalja össze a vizsgálatás eredményét.

<sup>722</sup> Bohus Géza: A robbantásos épületbontás biztonsági, gazdasági és környezeti előnyei más bontási eljárásokkal szemben. *Műszaki Katonai Közlöny*, 8. (1998), 3–4. 23–33.

8. táblázat: Különböző módon végzett épületbontások előnyei és hátrányai

|                                   | Paraméter       | Kézzel           | Géppel                                   | Robbantással                     |
|-----------------------------------|-----------------|------------------|------------------------------------------|----------------------------------|
| Az épület                         | anyaga          | tégla, rakott kő | minden, de a vb. [vasbeton] csak nehezen | minden                           |
|                                   | magassága       | max. 3 szintig   | legfeljebb 20 m-ig                       | nincs magassági korlát           |
|                                   | alapterülete    | kicsi            | nagy alapterülethez sok gép              | ma már nincs technológiai korlát |
| Környezeti hatások                | zajterhelés     | közepes          | nagy                                     | kicsi                            |
|                                   | rezgés          | kicsi            | nagy                                     | közepes                          |
|                                   | repeszhatás (R) | kicsi            | közepes ( $R < H$ )                      | jól szabályozható                |
|                                   | porterhelés     | nagy (100%)      | közepes (~85%)                           | mérsékelt (~70%)                 |
| A környezeti hatások mérése       |                 | nem szokásos     | szükséges                                | ajánlott                         |
| A bontást végzők biztonsága       |                 | kicsi            | közepes                                  | nagy                             |
| A bontott anyag hasznosíthatósága |                 | jó               | rossz                                    | közepes                          |
| Bontási idő                       |                 | nagy             | közepes                                  | kicsi                            |
| A bontás költsége                 |                 | közepes (30–60%) | nagy (100%)                              | kicsi (20–40%)                   |

Forrás: Bohus (1998): i. m. 33.

Nemes József 2002-ben írt cikkében<sup>723</sup> egy konkrét épület robbantásos bontásáról számolt be. A Mezőmag Kft. Lepsényben lévő hétszintes, 25 m magas, 11 m széles, helyben betonozott, W-alakú monolit vasbeton lábakon álló magtisztító tornyát bontották le abban az évben. A robbantásos bontást az alábbi körülmények is nehezítették:

- az üzemi területen belüli gázfogadó;
- kiváltandó gáz légvezeték;
- a közelben húzódó nemzetközi vasútvonal;
- 15 m-en belüli könnyűszerkezetes ponyvaraktár;
- a szomszéd épület közelsége (15 cm);
- jelentős lezuhanó tömeg (750 m<sup>3</sup> beton).

Az 1962-ben épült épületet az évek során többször átalakították, a födémeket itt-ott átvágták, meggyengítették, máshol megerősítették. Jellemző volt, hogy a földszinten a 32 mm-es betonacélok 2 cm-enként voltak a főtartóban, ezért igen körültekintően kellett kialakítani a töltethelyeket. A cikkben a szerző részletesen bemutatja a kivitelezés egyes lépéseit, a tervezéstől az előkészítés munkálatain keresztül a szerkezeti elemek robbantásáig.

Daruka Norbert ugyancsak az épületek robbantásos bontásáról írt tanulmányt 2011-ben a *Műszaki Katonai Közlönyben*.<sup>724</sup> A cikkben részletes információkat olvashatunk az épületek robbantással történő bontásáról, ezen belül a tervezés folyamatáról, a rombolandó építmény előkészítéséről és az alkalmazható robbantási módszerekről. Összegzőként a szerző az alábbi gondolatokat fogalmazta meg. „A veszélyes

<sup>723</sup> Nemes József: Épületbontás robbantással. *Műszaki Katonai Közlöny*, 12. (2002), 1–2. 83–87.

<sup>724</sup> Daruka Norbert: Veszélyes épületszerkezetek robbantásos eljárással történő eltávolításának követelményei, módszerei, biztonsági rendszabályai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 21. (2011), 1–4. 95–108.

épületszerkezetek robbantásos eljárással történő bontásánál elmondható, hogy komplex tervezési folyamat biztosítja a hatékony és költségtakarékos kivitelezést. [...] Az épületek bontásának megtervezésénél számos probléma és megoldandó feladat is megoldásra szorul, s ezt még csak nehezíti az optimális rombolási eljárás kiválasztása. A szerkezetek különbségéből adódóan más-más robbanóanyag mennyiség és más-más töltetelhelyezés nehezíti a bontási feladatot végrehajtók munkáját. Az érvényben lévő jogszabályok, a folyamatosan megújuló robbanóanyagok és gazdasági igények mellett szükségszerű az a szakmai tapasztalat, amely nélkülözhetetlen egy-egy feladat tekintetében. Az építmények előkészítése és a robbantási folyamat káros hatásainak kiküszöbölése is pontos tervezést és gyakorlatot igényel. A legfontosabb káros hatások küszöbértékeit a szükséges jogszabályok rögzítik és a feladatok végrehajtásánál a szakhatóságok ellenőrzik. Eltérés mutatkozik a robbantásos a gépi valamint kézi bontási munkálatok por ártalmait illetően. A több szemszögből vizsgált tanulmányok rávilágítanak arra, hogy a felszabaduló por mennyisége állandónak tekinthető. A számítástechnika világában szinte nélkülözhetetlenek tekinthetők azok a háromdimenziós szoftverek, melyek a számítási eljárások esetleges hiányosságaira tudnak rávilágítani. A szakmában kezdőknek ez mindenképpen segítséget jelenthet, és ha lehet így nevezni az öreg rutinos rókáknak egy visszaigazolást adhat.”<sup>725</sup>

*Padányi József 2018-ban, a Műszaki Katonai Közlönyben megjelent cikkében egy vasúti híd robbantásának részleteiről ír.*<sup>726</sup> „Műszaki szempontból az I. világháború egyik emlékeztető műszaki eseménye volt a Salcano-i vasúti híd felrobbantása, majd helyreállítása. A hadiszerencse úgy hozta, hogy az Osztrák-Magyar Monarchia műszaki katonáinak azt a hidat kellett helyreállítaniuk, amelyet nem sokkal korábban a bajtársaik robbantottak fel. Ismereteink szerint mindkét csapat jó munkát végzett, így érdemes az események közelgő évfordulóján megemlékezni tetteikről.”<sup>727</sup>

A híd robbantásának részleteiről ezt olvashatjuk. „Annak érdekében, hogy megakadályozza az előrenyomuló ellenséget a vasútvonal használatában az Isonzo-völgyben, a Monarchia hadvezetése parancsot adott a műtárgyak, így a Salcano-i vasúti híd felrobbantására. Egy utász különítmény 930 kg-os ekrazit töltetet helyezett el a központi ív csúcsa fölé. A robbanótöltet biztos indítása érdekében egy elektromos és két gyújtó-zsinóros hálózatot telepítettek. Augusztus 9-én reggel 1 órára volt elrendelve az általános visszavonulás. 3 óra 10 perckor Knut főhadnagy 15 emberrel felrobbantotta a Salcano délnyugati részén fekvő gyalogbőrű első mezejét. Többet nem lehetett tenni, mert az ellenség a túlsó partot már megszállva tartotta és ezt a munkát is erős gyalogsági tűzben kellett elvégezni.

Az 1916. augusztus 8-ról 9-re virradó éjszaka (2 óra 40 perckor) a Salcano-i vasúti híd középső ívét is rombolták a műszakiak. Ugyanerre a sorsra jutott a kiürítendő területen

<sup>725</sup> Daruka (2011): i. m. 106–107.

<sup>726</sup> Padányi József: Az Osztrák–Magyar Monarchia egyik utolsó hídja. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28. (2018), 1. 353–361.

<sup>727</sup> Padányi (2018): i. m. 353.

található többi vasúti és közúti híd is. Az intenzív tűzéségi tűzben – noha a híd nem volt közvetlen célpontja az olaszoknak – több helyen is megsérültek a híd szélső boltozatai.

Érdeemes elgondolkodni a források által közölt robbanóanyag mennyiségén. Az első pillantásra is látszik, hogy az összpontosított töltettel semmit sem bíztak a véletlenre. Ennek oka egyrészt az lehet, hogy a közeledő ellenség miatt sietni kellett, másrészt a kőből készült ívhidakat ritkán robbantották a pilléreknél, azok nagy vastagsága miatt, harmadrészt a mennyiség beszállítása a híd közepére feltételezi egy sínautó (vagon) használatát. Mindezekre figyelemmel megéri elvégezni egy ellenőrző számítást a töltet mennyiségére. Esetünkben a gyorsrobbantásra vonatkozó – akkoriban használatos – képlet alapján, a 2,1 m vastagságú fedélzet átrobbantásához elegendő lett volna 112 kg robbanóanyag. Ha a napjainkban is alkalmazott számítást vesszük alapul, akkor a végeredmény 116 kg, azaz nincs jelentős eltérés a két eredmény között.

Ugyanakkor, ha elfogadjuk azt, hogy a majd egy tonnányi robbanóanyagot sínautóval (vagonon) tölték be a hídra – azaz a robbanóanyag nem a hídfedélzeten, hanem a sínautón (vagonon) volt – akkor érdemes elvégeznünk a számítást a közbehelyezett összpontosított töltetre is. Ez a számítás már azt mutatja, hogy ebben az esetben az alkalmazott töltet mennyisége egy 7 m átmérőjű tölcser robbantásának felel meg, ami – figyelemmel a híd 7,2 m-es szélességére – már nagyon közel van a 930 kg-hoz. Egyszerűbben fogalmazva, a töltet mennyisége biztosítja azt, hogy a hídmező teljes keresztmetszetében rombolódik.”<sup>728</sup>

A tanulmányban Padányi a magyar katonák esetleges szerepvállalására is kitér a híd rombolásában és későbbi újjáépítésében. „Arra kevés adatot találtunk, hogy a híd robbantásában és későbbi újjáépítésében milyen szerepet játszottak a magyar katonák. Jacobi Ágost könyvében<sup>729</sup> van néhány áttételes utalás a magyar szerepvállalásra, amely arra mutat, hogy magyar utászok is részesei lehettek ezeknek a feladatoknak. Azt se felejtjük el, hogy a Magyar Államvasutak a hadiállapot első napján 315 főt adott a katonai vasúti alakulatoknak, és 1200 dolgozót adott a tábori vasúti alakulatokhoz. [...] Felkészülve az esetleges kiűrésre is, az Isonzo és a Wippach völgyének összes kő-, fa- és vashídját (Salcano, Alponté, Görz Manizza, Biglia, Rubbia, Mcrna, Ranziano, Sdraussina, Prvacina) előkészítették rombolásra. A legnagyobb horderejű és hadászati fontossággal bíró katonai műszaki feladat volt a két görz-i nagy Isonzo-hídnak, a vasszerkezetű közúti és a boltíves, sokpilléres vasúti kőhídnak (Salcano) robbantáshoz való előkészítése, amit az egyik félszázad végzett el.”<sup>730</sup>

Az *ipari robbantástechnikával* foglalkozó anyagok sorában az utolsó *Szarvas Beátának a Katonai Logisztika* folyóiratban 2020-ban megjelent cikke az *építmények vízzel töltött robbantásos bontásáról*.<sup>731</sup> A bevezetőben a következőképpen foglalja össze a szerző a bemutatott módszer alkalmazásának előnyeit. „A téгла-, kő-, beton- és vasbeton

<sup>728</sup> Padányi (2018): i. m. 356–357.

<sup>729</sup> Jacobi (1938): i. m.

<sup>730</sup> Padányi (2018): i. m. 357–358.

<sup>731</sup> Szarvas Beáta: *Építmények vízzel töltött robbantásos bontásának előnyei. Katonai Logisztika*, (2020), 3. 149–164.



építmények robbantásos bontása során a legelterjedtebb módszer a fűrtlyukakban elhelyezett töltetek alkalmazása. A pontosan megtervezett, akár több száz, egyenként kis-tömegű töltet megfelelő időzítésű gyutacsokkal történő indításával, nagy pontossággal, a környezetet érintő káros hatásokat elkerülve hajthatók végre ezek a feladatok. A robbantást, mint látványosságot megtekintők számára kevésbé ismert, hogy a néhány másodperc alatt bekövetkező folyamatot hosszú napok, akár hetek komoly anyagi és technikai ráfordítást igénylő előkészítő munkálatai előzték meg. A következőkben egy kevésbé ismert építményrobbantási módszert mutatok be, melynek segítségével – adott feltételek mellett – kevesebb anyagi és munkaerő-ráfordítás mellett, ugyancsak káros környezeti hatások nélkül végezhető el egy építmény bontása.”<sup>732</sup> Ezt követően részletesen bemutatja az eljárás lényegét, amelynek során: „A robbanóanyagokban rejlő jelentős teljesítményt maximálisan tudjuk kihasználni, ha a körülmények megengedik a bontandó objektum vízzel való feltöltését. Az eljárás lényege, hogy ebben a robbantási technológiában a robbantandó szerkezetet megtöltve, a vizet robbanási közegként használva, csak igen kis mennyiségű robbanóanyagot robbantanak fel. Mivel a víz kvázi összenyomhatatlan, benne a robbanás hatására a felmelegedés is jelentéktelen. A keletkező lökéshullám ezért kis gyengítéssel nagy távolságra eljut. A lökéshullám által képviselt energia csak a buborékképződésre fordított hányaddal csökken, szemben a levegővel, ahol a hőmérséklet gyorsan emelkedik, s a robbanás energiájának egy része felemésztydik. Ebből kifolyólag vízben a nyomás minden irányban szinte gyengítetlenül terjed, közvetlenül a bontandó létesítmény falaira hat a töltetnagyságtól és a térfogattól függően nagyságrendileg  $10^8$  Pa nyomást gyakorolva, amelynek eredményeképpen azok roncsolódnak, és a szerkezet összeomlik. Az összezúzott falaknak csak csekély mozgási energiája lesz, ezért a törmelék nem repül el nagy távolságra a tárgytól.”<sup>733</sup>

Természetesen a módszer nem alkalmazható minden épületbontásnál. Ahogy a szerző kiemeli, az alábbi alapkövetelmények teljesülése szükséges hozzá:

- „A bontandó tárgynak vízzárónak vagy vízzáróvá tehetőnek kell lennie.
- Álljon rendelkezésre a bontandó létesítmény teljes térfogatát kitöltő mennyiségű víz.
- A bontandó szerkezetet úgy kell feltölteni vízzel, hogy abban csapdába esett levegő ne lehessen.
- Legyen biztosítva, hogy a robbantást követően az elfolyó víz természetes és épített környezet károsodása nélkül elvezethető legyen.
- A robbantáshoz használatos robbanóanyagnak vízállónak kell lennie, vagy gondoskodni kell annak vízhatlanná tételéről.”<sup>734</sup>

Ezt követően a tanulmány egy konkrét példán keresztül bemutatja a módszer gazdasági előnyeit. A környezeti hatások közül részletezi a szeizmikus, a repesz, a légnyomás, a por és a hanghatás terén tapasztalható kedvező értékeket a hagyományos robbantásos

<sup>732</sup> Szarvas (2020): i. m. 150.

<sup>733</sup> Szarvas (2020): i. m. 150–151.

<sup>734</sup> Szarvas (2020): i. m. 151.

épületbontásnál tapasztaltakhoz képest. „A vízpufferrel való robbantás kevésbé terheli a környezetet, biztonságosabb, és lényegesen nagyobb hasznos munka fordítódik a szerkezet megbontására. Összességében, a vékony falú vasbeton szerkezetek bontására előnyös megoldást kínálhat annak vízzel való megtöltése és a vízben, mint robbanási közegben való robbanóanyag-töltet robbantása, amennyiben a bevezetőben ismertetett körülmények adóttak.”<sup>735</sup>

Az ipari robbantástechnikáról áttérve a *katonai építményrobbantással* kapcsolatos cikkekre, Mueller Othmár 2001-ben egy rövid kronológiai összefoglalót írt a *hazai bányászaton kívüli robbantástechnika 1834 és 1942 közötti fontosabb eseményeiről*.<sup>736</sup>

Ugyancsak 2001-ben jelent meg a *Műszaki Katonai Közlönyben* a brnói Nemzetvédelmi Egyetem Műszaki Tanszéke két oktatójának a cikke, amelyben a *közúti hidak aljzataiban lévő esetleges robbantókamrák megbontás nélküli felderítésének* lehetőségeit mutatták be.<sup>737</sup> Már Schaffer is írt arról 1903-ban, hogy a nagyobb hidak közbeeső aljzataiban az építés során olyan aknakamrákat alakítanak ki, amelyek segítségével – szükség esetén – végrehajtható a híd rombolása.<sup>738</sup> Vaszilcsenko 1987-es, a *Honvédelemben* megjelent fent bemutatott cikkében szintén ír arról, hogy Németországban „a hidak, útátjárók és gátak romboláshoz való előkészítése feltételezi a robbanókamrák és csatornák megépítését a robbanóanyag tölteteinek elhelyezése és rögzítése, a gyújtóhálózat lefektetése céljából...”<sup>739</sup> A cseh szerzők egy konkrét feladat kapcsán szembesültek azzal a problémával, hogy a tervdokumentációk hiányában meg kellett állapítaniuk egy 1935-ben épült vasbeton híd helyreállítása során, hogy annak idején készültek-e ilyen berendezések a pillérekben. Azt sem lehetett kizárni, hogy ha igen, akkor a II. világháború során a visszavonuló német csapatok előkészítették ezek segítségével robbantáshoz a hidat, amit aztán már nem sikerült végrehajtaniuk. A Tábor városánál, a Luznice folyó völgyén áthidaló 167 méter teljes hosszúságú, átlagosan 27 méteres szabad nyílásokkal rendelkező hídnál ezért úgy kellett meggyőződni a fentiek-ről, hogy – természetszerűen – magát a pillért nem lehetett megbontani. Az előzetes felmérés alapján arra a következtetésre jutottak a szakemberek, hogy fém csövekkel alakíthatták ki a pillérekben a robbantókamrákat, ezért azok pontos helyének megállapítására PROFOR-MER-2 mágneses indukciós műszert használtak, amelynek a maximális mérési tartománya 120 mm volt a felszín alatt. A segítségével sikerült nyolc darab fém aknafedelethez felderíteni, amelyeket meg is találtak a tér beton alatt. A következő feladat a fémcsövek hosszának a megállapítása volt, amelyhez DI-ST típusú ultrahangos berendezést vettek igénybe, de eredménytelenül, ezért röntgensugaras berendezéssel próbálkoztak. Ennek segítségével sikerült felderíteni, hogy a csövek felső 60 centiméterét annak idején betonnal töltötték fel, amelynek eltávolítása után mintegy 3 m mélységben megtalálták az aknakamrák nyílását is,

<sup>735</sup> Szarvas (2020): i. m. 163.

<sup>736</sup> Mueller Othmár: A hazai bányászaton kívüli robbantástechnika főbb történeti adatai. *Műszaki Katonai Közlöny*, (2001), 3–4. 86–88.

<sup>737</sup> Leonard Holst – Jan Gireth: Közúti híd robbantó kamráinak keresése a szerkezet megbontás nélküli ellenőrzésének módszerével Tábor városban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 11. (2001), 3–4. 3–12.

<sup>738</sup> Schaffer (1903): i. m. 244.

<sup>739</sup> Vaszilcsenko (1987): i. m. 54.

ezekbe – szerencsére – nem helyeztek el annak idején robbanóanyagot. A szerzők az alábbiakban foglalták össze munkájuk eredményét. „A megbontás nélküli vizsgálat eljárás módszerét követve biztonságosan meghatározhatóvá vált a betöltő aknák, a fémcsövek, a robbantó üregek elhelyezkedése és alakja, valamint speciális eljárásokkal a különböző homogén és nem homogén anyagok jelenléte. Bizonyítottuk, hogy a robbantó üregek nem tartalmaznak robbanóanyagot, s így azt is, hogy a hidat elfoglaló német alakulatok nem készültek a híd felrobbantására.”<sup>740</sup>

*A téгла-, kő-, beton- és vasbeton szerkezeti elemek robbantási szabályainak fejlődéséről* írt Lukács László a *Műszaki Katonai Közlönyben 2012-ben*.<sup>741</sup> A tanulmány a hazai katonai robbantási szabályzatok, utasítások vonatkozó részeit tekinti át 1899-től napjainkig. Az egyes szabályok összevetése alapján arra a következtetésre jut, hogy „a téгла, kő, beton és vasbeton szerkezeti elemek, katonai robbantástechnikában ma alkalmazott robbantási szabályai, kiállják az idő próbáját. A robbantási gyakorlatban eddig kiválóan bevált tervezési módszerek annyiban szorulhatnak felülvizsgálatra, hogy az újonnan kifejlesztett – elsősorban vasbeton – szerkezetekre mennyiben felelnek meg? Ezért érdemes lenne az azóta alkalmazott új szerkezetek szempontjából is vizsgálat tárgyává tenni ezeket. Az eddigieknél nagyobb figyelmet kell a jövőben szentelni a belső töltetekkel történő szerkezeti elem robbantásnak. Az ebből fakadóan jelentősen kisebb töltettömegek alkalmazásával, a környezeti hatás mértéke is csökkenthető.”<sup>742</sup>

*2015-ben a hidrobbantási szabályok fejlődéstörténeti áttekintését* mutatta be Lukács a honi katonai robbantási szabályzatokban foglaltak alapján, ugyancsak 1899-től napjainkig.<sup>743</sup> A fém-, kő-, beton- és vasbeton hidak, valamint ezek pilléreinek robbantását koronként szabályozó dokumentumok alapján a szerző végkövetkeztetései a következők. „A fém-, illetve a kő-, beton- és vasbeton hidak és pilléreik robbantási szabályaiban, sok azonosságot találhatunk a múlt és a jelen robbantási utasításaiban. Az 1928-as Műszaki oktatás – korához képest – kimondottan magas színvonalú szabályozása után, az 50-es évek szovjet anyagai átmeneti visszalépést jelentettek ugyan, de az 1965-ös Mű.2. Robbantási utasítással egy nagyon alapos, használható szakkönyv került a műszaki tisztek kezébe. [...] Az összes szerkezet közül, az elmúlt évtizedekben a vasbeton hidak mentek át a legnagyobb fejlődésen, ami viszont nem tükröződik vissza a jelenlegi utasításunkból (mely tulajdonképpen az 50-es évek végének, 60-as évek elejének színvonalát tárja elénk). Az új szerkezetű vasbeton hidak rombolásakor ez visszaüthet, hiszen nem ismerve fel a híd típusát, a robbantási keresztmetszetek megválasztása sem fog megfelelni a híd statikai sajátosságainak. Ennek végeredménye pedig ugyanaz lesz, mint ami a budapesti Szabadság-híd, II. világháborús robbantásakor történt. A Gerber-tartós szerkezetet nem felismerve, függőhídként tervezték meg és hajtották végre a rombolást. Ebből adódóan,

<sup>740</sup> Holst–Gireth (2001): i. m. 8.

<sup>741</sup> Lukács László: *Téгла, kő, beton és vasbeton szerkezeti elemek robbantási szabályainak fejlődése, a honi katonai robbantás technikában. Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012c), 1. 55–84.

<sup>742</sup> Lukács (2012c): i. m. 81.

<sup>743</sup> Lukács László: *A hidak robbantási szabályainak és módszereinek fejlődése a honi katonai robbantástechnikában. Műszaki Katonai Közlöny*, 25. (2015a), 1. 39–66.

csak a két közbeeső pillér közötti hídmezőt tették ez által tönkre.”<sup>744</sup> A tanulmányt hét, a hidak robbantása megtervezésének és megszervezésének korszerűsítésével kapcsolatos javaslat zárja.

1984-ben már olvashattunk egy cikket a repülőterek rombolásáról.<sup>745</sup> A *Repüléstudományi Közleményekben* 2017-ben megjelent cikk a *rombolt repülőterek helyreállításának műszaki feladatairól* szólt.<sup>746</sup> A cikk első felében a repülőterek rombolásának, üzemképtelenné tételének lehetséges módjait foglalták össze a szerzők. Ezen belül bemutatták a hazai katonai robbantási szabályzatokban foglalt vonatkozó előírásokat is 1950-től napjainkig. Az orosz nyelvű eredetiből fordított anyagokban foglaltak után kiternek a NATO-előírásokra a repülőter-üzembentartó és -karbantartó század képességeinek a repülőtéren keletkezett rombolások esetén történő meghatározásának bemutatásával. Tekintve, hogy nem csak a műszaki csapatok által létrehozott rombolásokra kell számítani egy repülőteret érintő támadás esetén, a cikkben megtalálhatók a Genfi Humanitárius Aknamentesítési Központ 2017-ben kiadott, robbantó fegyverek hatásával foglalkozó tanulmányának különböző országok rendszeresített tüzérségi lőszerének és légibombáinak robbanóanyag-töltetére vonatkozó táblázatai is. A cikk második részében a rombolt repülőterek helyreállításával kapcsolatos műszaki feladatokról, azok megtervezéséről és végrehajtásuk sorrendjéről olvashatunk.

#### 4.4. Új kihívás – cikkek az építmények robbantásos cselekmények elleni védelméről

A *Ludovika Akadémia Közlönye* 1893-as számában egy névtelen szerző által írt, külföldi lapban megjelent tanulmányt közölt,<sup>747</sup> amelyet a 2.1. alfejezetben részletesebben bemutatunk. Ebben a következők olvashatók a robbanóanyagok merényletek céljára történő felhasználásáról, amit a szerző nem tartott reális fenyegetésnek. A fordító ehhez saját véleményként azt tette hozzá, hogy „a vegytan folytonos haladása, a mindinkább általánossá váló ismeretek s a tömegek nem egyszer felizgatott kedélyhangulata könnyen előidézhetik, hogy a robbanó anyagok, mielőtt még néhány év eltelnék, a társadalomra valódi és nagy veszélyt fognak képezni”.<sup>748</sup>

A jövőbe mutató intelem egy igazából már az abban az időben is élő és reális veszélyt jelentő fenyegetésről szólt. Mi sem bizonyítja ezt jobban, mint a következő két esemény. 1883. április 10-én fogadta el az *angol parlament a világ első, robbanóanyagokkal kapcsolatos bűncselekményeket büntető törvényét*. 1884. július 9-én a *német kormány* is hasonló irányban lépett, megalkotva *A robbanóanyagok bűnös és közveszélyes felhasználásával*

<sup>744</sup> Lukács (2015a): i. m. 60–61.

<sup>745</sup> Bonsignore (1984): i. m.

<sup>746</sup> Lukács László – Tóth Rudolf – Kovács Zoltán: Rombolt repülőterek helyreállításának műszaki feladatai. *Repüléstudományi Közlemények*, 29. (2017), 3. 217–232.

<sup>747</sup> A dinamit és a robbanóanyagok (1893): i. m.

<sup>748</sup> A dinamit és a robbanóanyagok (1893): i. m. 332.

*kapcsolatos birodalmi törvényt.* Ezeknek a szükségességét az alábbi sajnálatos tények is bizonyították. 1605–1950 között mintegy 3000 robbantásos merényletet vagy annak kísérletét jegyezték fel a hivatalos dokumentumok, nem számolva ezekhez a háborús partizánakciók során történt robbantásokat.<sup>749</sup> Egy viszonylag „csendesebb” időszakot követően, 1970 és 2021 között már több mint 200 ezer terrorista merényletről, ebből 95 ezer bombamerényletről tárol adatokat az amerikai University of Maryland Globális Terrorizmus Adatbázisa.<sup>750</sup>

Ebben az alfejezetben az építmények robbantásos cselekmények elleni védelmével kapcsolatos cikkek közül tallózunk a katonai szakfolyóiratokban.

A vészcsengőt először Lukács László nyomta meg a *Hadtudomány* folyóiratban 1994-ben megjelent *Robbantásos merényletek elkövetésének lehetősége Magyarországon* című tanulmányával.<sup>751</sup> Az anyag bevezetőjében erről olvashatunk. „A robbanóanyagok szabályozott keretek közötti felhasználása mellett mindig volt egy olyan szűk embercsoport, melynek tagjai bűnös céllal kísérelték meg ezen anyagok alkalmazását. Erre a világ számos országában, köztük hazánkban is jó néhány példát találunk. A robbantásos merényletek célja lehet egyes személyek, intézmények, középületek megsemmisítése és rombolása.”<sup>752</sup> Ezt követően a múltban történt ilyen cselekményektől elérkezik jelen világunkba, egy nagyon fontos kérdést téve fel. „Azóta a világ sokat fejlődött, sajnos a terrorista robbantások terén is. Ma már nem múlik el nap anélkül, hogy a hírügynökségek ne adnának hírt valamilyen robbantásról. Hazánk Európához csatlakozásának, a demokrácia kiszélesítésének, a határok átjárhatóságának árnyoldalai is vannak: a kábítószer-kereskedelem terjedése mellett számítani kell a nemzetközi terroristaszervezetek megjelenésével is. Az általuk alkalmazott módszerekről, eszközökről, kaphatunk tájékoztatást a nemzetközi bűnüldöző szervezetek (Interpol stb.) révén. De felkészültek vagyunk-e a saját, potenciálisan létező terroristáink ellen?”<sup>753</sup>

A védekezés egyik kiindulópontja az ilyen jellegű támadások által leginkább veszélyeztetettnek tekinthető „célpontok” meghatározása. „Egy amerikai értékelés szerint a terroristák célpontjai három nagy kategóriába sorolhatók:

- a nagy kockázati tényezőt jelentő létesítmények: követségek, konzulátusok, repülőterek, szállodák, jelentős középületek;
- különleges események: nemzetközi konferenciák, kereskedelmi vásárok, sportesemények (pl. olimpia, világbajnokság);
- magas kockázati tényezőt jelentő, magas rangú hazai és külföldi személyiségek.”<sup>754</sup>

<sup>749</sup> Hunyadi Ferenc – Lukács László – Mueller Othmár: *A robbantások elleni védekezés feladatai (Az épületek védelme robbantásos akciók ellen)*. Budapest, Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöktovábbképző Intézet, 1993. 5.

<sup>750</sup> <https://start.umd.edu/gtd/about/>

<sup>751</sup> Lukács László: *Robbantásos merényletek elkövetésének lehetősége Magyarországon. Hadtudomány*, (1994b), 3. 82–90. A szerző a tanulmánnal 1. díjat nyert a Magyar Hadtudományi Társaság Belügyi Szakosztályának 1993. évi pályázatán.

<sup>752</sup> Lukács (1994b): i. m. 82.

<sup>753</sup> Lukács (1994b): i. m. 82.

<sup>754</sup> Lukács (1994b): i. m. 83.

Ezután bemutatja az elkövetés „eszközét”, a robbanóanyagot, azok illetéktelenek általi beszerzésének lehetőségeivel. Kitér a közhasználatú szóval „pokolgépnek” nevezett robbanószerkezetek általános jellemzőire, majd a terrorrobbantások „személyi kérdéseivel” foglalkozik. A „vannak-e potenciális terrorrobbantók Magyarországon?” kérdésre az egyértelmű válasza: vannak! „Minden országban vannak, ahol hadsereget létrehoztak. A következőkben azt kívánom bizonyítani, hogy Magyarország férfilakosságának tekintélyes része képes pokolgépet szerkeszteni és működtetni. A harc (hadművelet) műszaki biztosítási feladatainak sorában fontos helye van a műszaki záruk (ezen belül a robbanó műszaki záruk) létrehozásának, a rombolások végrehajtásának. A műszaki biztosítási feladatok végzése minden fegyvernem és szakcsapat feladata, a kiképzési programokban is megjelenik a robbantás kiképzés (természetesen az adott fegyvernem vagy szakcsapat rendeltetéséből adódóan eltérő céllal, tartalommal és óraszámmal).”<sup>755</sup> A konkrét robbantáskiképzési feladatok bemutatása után újabb kérdés következik: „De hát akkor van-e lehetőség a terrorrobbantások elleni védekezésre?”<sup>756</sup>

„A válasz csak ez lehet: van! Ez a védekezés viszont nem korlátozódhat a merev tiltásra – ennél sokkal bonyolultabb, többoldalú és – fokozatú rendszer kiépítését és működtetését követeli meg. Ennek alátámasztására csak egy példa: míg nálunk a Mű/213. Robbantási utasítás szolgálati használatú könyv, addig az azonos szovjet utasítás német fordítása az egykori NDK-ban szabadon megvásárolható volt könyvesboltokban, 21.8 márkáért.”<sup>757</sup> És bár a polgári robbantási szakkönyvekkel szemben, a katonai robbantási utasítások többek között foglalkoznak a közbehelyezett töltetekkel való építményrobbantás szabályaival is (mint pl. a bejrúti merénylet,<sup>758</sup> vagy a legutóbbi amerikai robbantás a toronyház alatti parkolóban<sup>759</sup>), mégsem állítható, hogy az NDK-ban jellemző lett volna a pokolgépes merényletek tömeges elkövetése.”<sup>760</sup>

A tanulmány végén az ilyen jellegű cselekmények elleni védelem négy területét foglalja össze a szerző.

„A veszélyeztetett objektumok felmérése és a foganatosítandó ellenrendszabályok:

- a bevezetőben említett veszélyeztetettségi kategóriáknak megfelelő felmérés elkészítése egy kijelölt operatív stáb által;
- szakértői csoport létrehozása, amely az egyes kategóriák szerinti objektumokra vonatkozóan tanulmányt készítene el abból a szempontból, hogyan hajthatna (hajtana) végre ellenük egy terrorakciót (célszerű a csoportba építész, statikus, tűzoltó, robbantási és biztonsági szakember bevonása): a tanulmány alapján megállapíthatók a legsebezhetőbb, vagyis a védendő pontok;

<sup>755</sup> Lukács (1994b): i. m. 86.

<sup>756</sup> Lukács (1994b): i. m. 88.

<sup>757</sup> *Lehrbuch der militärischen Sprengtechnik*. Berlin, Deutscher Militärverlag, 1964.

<sup>758</sup> Utalás a bejrúti amerikai tengerészgyalogos-főhadiszállás és egy francia laktanya elleni 1983. novemberi öngyilkos teherautós merényletre, amelynek során 241 amerikai és 58 francia katona veszítette életét.

<sup>759</sup> A World Trade Center északi tornyának alagsorában elkövetett 1993-as bombatámadás.

<sup>760</sup> Lukács (1994b): i. m. 88.



- a tényleges robbantások megelőzésére szolgáló biztonságvédelmi ellenrendszabályok.

*Hatósági adminisztratív szabályozás:*

- az ipari és a katonai robbanóanyagok és gyújtószerkezetek hazai gyártásával, raktározásával, kiadásával kapcsolatos szigorú szabályozás (ez eddig élő rendszer volt, célszerű továbbra is a bányahatóság és a megfelelő katonai szervek ilyen jellegű feladatainak meghagyása, sőt ellenőrzési jogaik és kötelességeik kiszélesítése);
- a robbanóanyagok és gyújtószerkezetek behozatalának szigorú ellenőrzése, a csempezés megakadályozása már a határon robbanóanyag-detektorok, speciálisan idomított kutyák [...] széles körű, általános alkalmazásával;
- a robbanóanyagokkal és gyújtószerkezetekkel kapcsolatos legkisebb lazaság, visszaélés esetén is súlyos (törvényileg szabályozott) büntetés alkalmazása; a hatékony visszatartás céljából nem a pénzbüntetés lenne az elsősorban javasolható.

*Speciális szakszolgálatra vonatkozó rendszabályok:*

- megyei szinten célszerű lenne rendőri tűzszeréssz csoportok létrehozása, a Rendőri Ezred tűzszerésszolgálat vagy egy felsőbb (központi) koordinációs szolgálat irányítása alatt;
- meg kellene teremteni a tűzszerész szolgálatokat átfogó, központi számítógépes rendszert, mely lehetőséget adna a nyugat-európai hasonló rendszerbe való bekapcsolódásra is;
- központi adatbázist kellene létrehozni, mely minden adatot tartalmazna mind a már korábban elkövetett bűnös célú merényletekre (azok előkészületeire) vonatkozóan, mind a robbanóanyagok és gyújtószerkezetek országos szintű felhasználását, mozgását stb. illetően (ez állandó adatszolgáltatást követelne meg a gyártóüzemekről, a bányakapitányságoktól, a Határőrségtől, a Vám- és Pénzügyőrségtől, a fuvarozó cégektől, a Magyar Honvédségtől stb.);
- létre kellene hozni a magyar »bombamúzeumot« és – a szakmai felkészülést elősegítendő – állandó látogatásokat szervezni a külföldi hasonló intézetekbe (pl. Ausztria, Németország);
- szükség lenne egy »pokolgép típus-album« megírására és ennek kiegészítésére időről időre;
- a nemzetközi terrorizmus világszínvonalú eszközökkel dolgozik, a felderítés és az elhárítás hasonló szintű eszközeit meg kell kapniuk az illetékes szerveknek is (a »drága« relatív fogalom, kérdés: mennyibe kerül egy felrobbantott szálloda újjáépítése – az emberi életet e tekintetben nem is lehet számítási alapnak tekinteni, az Alkotmányban rögzített joga minden állampolgárunknak a személyi biztonsága).<sup>761</sup>

<sup>761</sup> Lukács (1994b): i. m. 89–90.

„Az általam lefestett kép elég riasztónak tűnhet. Ha viszont nem veszünk tudomást arról, hogy a világnak nemcsak a jobbik, hanem a rosszabbik fele is fejlődik, akkor teljesen védtelenül és kiszolgáltatottan állunk a bekövetkező tragédiák előtt. Tanulmányomban erre a ma – sajnos – reális új kihívásra kívántam ráirányítani a figyelmet. Még nem ég a ház, de a fáklás emberek már közöttünk vannak. Ne utólag keressünk felelősöket – egyszer végre lépünk időben!”<sup>762</sup>

Arról, hogy mennyire találtak meghallgatásra a cikkben leírtak, egy példát említünk. Az Országos Rendőr-főkapitányság felkérésére 1994-ben készült egy jegyzet a rendőr szakközépiskolák hallgatói számára *Házilagos készítésű robbanóanyagok és robbanószerkezetek* címmel.<sup>763</sup> A jegyzetben csak szabadon elérhető szakirodalmi anyagok kerültek feldolgozásra. Egy idő után azonban az illetékes vezetők úgy gondolták, hogy a könyvet bezúgatják, nehogy a terroristák tanulhassanak belőle... Nem tudom, ugyanezek az illetékesek találkoztak-e az interneten szabadon terjedő tényleges terroristatanulmányokkal vagy például az amerikai Paladin Press kiadó teljesen legálisan beszerezhető, ISBN-számmal ellátott kiadványaival.

A zárógondolatok óta sok minden változott a fent leírtakhoz képest mind hazai, mind nemzetközi téren. Sajtó Gábor és Stefancsik Ferenc az épülettípusokat vizsgálták fent bemutatott cikkükben,<sup>764</sup> Veress Róbert pedig az épületek romosodási folyamatáról írt,<sup>765</sup> Balogh Zsuzsanna az épületek robbantásos cselekmények elleni védelmének lehetőségeit kezdte kutatni a 2000-es évek közepétől.

2008-ban a *Műszaki Katonai Közlöny*ben megjelent *Építészeti tervezés robbantásos cselekmények ellen* című cikke<sup>766</sup> bevezetőjében ezt írta: „A számos tervezési szempont-hoz 2001. szept. 11. óta egy újabb csatlakozott, a terrorista fenyegetettség elleni védelem kialakítása. A terrorizmus manapság egy valós, nagyon komoly és sajnos talán egyre növekvő veszélyt jelent világszerte, amit nem szabad figyelmen kívül hagynunk az élet egyik területén sem, így az épületeink tervezésekor sem.”<sup>767</sup> A tervezés során figyelembe veendő tényezőkről így fogalmaz. „Az épületek védelmére irányuló tervezés fő célja csökkenteni a sérüléseket és a károkat. Az élet védelme kell, hogy a legmeghatározóbb paraméter legyen. Bizonyos körülmények között viszont fontos lehet az épületben folyó funkció folyamatossága. Gondoljunk csak pl. egy kórházra, ahol egy támadás után is biztosítani kell a kritikus állapotú betegek ellátását. Hasonló a helyzet egy rendőrségi vagy tűzoltósági épület esetén is. Nyilvánvaló, hogy lehetetlen minden épületet minden fenyegetettségnek ellenállóvá tervezni és kivitelezni, de lehetséges bizonyos épületeket adott támadás(ok) ellen védetté tenni. Ilyen tervezésekkor gyakran konfrontálódunk

<sup>762</sup> Lukács (1994b): i. m. 90.

<sup>763</sup> Lukács László – Mueller Othmár: *Házilagos készítésű robbanóanyagok és robbanószerkezetek*. Budapest, ORFK Oktatási és Kiképző Központ, 1994.

<sup>764</sup> Sajtó–Stefancsik (1984): i. m.

<sup>765</sup> Veress (1996a): i. m.

<sup>766</sup> Balogh Zsuzsanna: *Építészeti tervezés robbantásos cselekmények ellen*. *Műszaki Katonai Közlöny*, 18. (2008a), 1–4. 53–60.

<sup>767</sup> Balogh (2008a): i. m. 53.

esztétikai, finansziális szempontokkal, sőt tűzvédelmi előírásokkal is.”<sup>768</sup> Ezt követően ír az épület elhelyezkedésének, megközelíthetőségének fontosságáról, majd a szerkezetek méretezésénél figyelembe veendő, robbantásból származó várható károsító hatásokról.

Ugyancsak 2008-ban született az *épületek robbantásos cselekmények elleni védelmének technikai lehetőségeivel* foglalkozó cikke.<sup>769</sup> „Nem lehet minden épületet robbantásos cselekmények ellen védettnek tervezni, hiszen ezt a költségvetési keretek nem biztosítják és a biztosító társaságok sem ösztönzik. Az eltérő funkciójú épületek robbantás elleni védelme is eltérő: amíg egy katonai objektumban a szerkezetet megóvása az elsődleges, hogy a folyamatos munkavégzés biztosítva legyen, addig egy civil épület (iroda, hotel, lakóépület) esetén a bennlévők testi épségének megóvása az elsődleges szempont”<sup>770</sup> – szögezi le a közlemény elején. A megelőző intézkedések közül a legfontosabbnak a lehetséges célpontlétesítmény és a robbantást végző támadók közötti megfelelő biztonsági távolság biztosítását tartja. A szerkezeti megerősítések közül foglalkozik a homlokzati elemek, a teherhordó szerkezetek, a falpanelek és az üvegezés robbantási hatások elleni védelmének lehetőségeivel.

2009-ben további tanulmányt jelentetett meg Balogh az épületek tartószerkezeteinek robbantásos cselekmények elleni kialakításáról.<sup>771</sup> A cikk absztraktjában az alábbi összefoglalót olvashatjuk annak tartalmáról. „Az épületek tartószerkezetei ellen irányzott robbantásos terrorcselekmény megelőzésén túlmenően fontos a szerkezetek építéskori vagy utólagos megerősítése. Ehhez tisztában kell lennünk a szerkezetek robbanás hatására történő viselkedésével, vizsgálnunk kell alakváltozásait. A megfelelő ellenálló-képesség kifejlesztése mellett azonban gyakran kell figyelnünk az esztétikus megjelenésre is, ami újabb kihívást jelent. Cikkemben rövid ismertetést adok a szerkezetek viselkedéséről robbantás hatására, létrejött deformításokról illetve azon új kutatási eredményekről, anyagokról, melyekkel épületeink tartószerkezete ellenállóbbá tehető a robbantásos cselekmények esetén.”<sup>772</sup>

2010-ben a *modern építészet robbantások szempontjából fontos kérdését vizsgálta: az üvegezést*, hiszen egy ilyen merénylet esetén súlyos sérüléseket okozhatnak az akár nagy távolságban is szétrepülő üvegrepeszek.<sup>773</sup> A hanghullámok terjedési sajátosságainak bemutatása után megismerjük a normál és a biztonsági üvegek fontosabb jellemzőit. Ezt követően a szerző külön tárgyalja az ipari épületrobbantások során az üveggárók megelőzését szolgáló technológiai és technikai lehetőségeket. A terrorista robbantások során összetörő üvegezésből származó várható károk megelőzésére, mérséklésére egyrészt az épület támadható homlokzati részének kialakításával foglalkozik, másrészt a meg-

<sup>768</sup> Balogh (2008a): i. m. 54.

<sup>769</sup> Balogh Zsuzsanna: Épületek robbantásos cselekmények elleni védelmének technikai lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 18. (2008b), 1–4. 61–68.

<sup>770</sup> Balogh (2008b): i. m. 61.

<sup>771</sup> Balogh Zsuzsanna: Épületek tartószerkezeteinek terrorista robbantás elleni kialakítása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 19. (2009), 1–4. 105–118.

<sup>772</sup> Balogh (2009): i. m. 105.

<sup>773</sup> Balogh Zsuzsanna: Üveg és robbanás – az építészeti dilemma. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20. (2010), 1–4. 257–272.

lévő üvegfelületek utólagos védelmére szolgáló termékeket mutatja be, mint az utólagos föliaborítást, a laminált üvegezést és a robbanásálló üvegezett szerkezeteket.

Ugyancsak a *Műszaki Katonai Közlöny 2010-es* számában olvashattuk Román Zsolt tanulmányát a robbantásos merényletek elleni védekezés során az épületeknek, azok szerkezeti elemeinek robbantási terhekre történő statikai és szilárdsági méretezési eljárásairól.<sup>774</sup> A több mint 30 oldalas közlemény elején a szerző meglehetősen borús képet fest az épületet, annak szerkezetét a robbantás során érő terhelés lehetséges meghatározásának problémájáról. „A terhek felvétele mindig egy szituáció feltételezésével kezdődik. A földemek hasznos terhénél feltételezzük, hogy rendeltetésszerű terhelés mellett maximum mennyi tömeg kerül egy négyzetméterre. A mértékadó terhek végül statisztikai, valószínűségelméleti számítások után kerülnek meghatározásra. Ugyancsak igaz ez a természeti terhek esetében. A robbanásoknál ez nem működik, de legalábbis nem olyan egzakt módon, mint a többi esetben. A baleset jellegű robbanások még csak-csak kezelhetők, el tudjuk képzelni milyen jellegű baleset történik, és meghatározható a felszabaduló energia. Az erőszakos robbantásoknál színre lép az emberi tényező, ami kiszámíthatatlanná teszi. Nem lehet meghatározni, hogy a merénylet során mi a mértékadó robbanóanyag mennyiség, mert nem tudni, hogy a merénylő mihez jut hozzá, mennyihez jut hozzá, és azt milyen formában hozza működésbe.”<sup>775</sup>

A cikk további részében részletesen kibontja a szerző a lehetséges méretezési eljárásokat.

2012-ben a robbantásos cselekmények elleni védelemmel kapcsolatos kutatásra nyílt lehetőségük a témával foglalkozó szakembereknek, amikor az Óbudai Egyetem és a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem elnyert egy kétéves TÁMOP pályázatot *kritikusinfrastruktúra-védelmi kutatásokra*.<sup>776</sup> Ezen belül Lukács László szervezett egy kutatási projektet *Építmények védelme, megerősítése robbantásos cselekmények ellen* megnevezéssel. A kutatás során végzett munkáról az alábbiak olvashatók a kutatás zárójelentésében. „A Magyar Honvédség szerepvállalása a nemzetközi békefenntartó feladatokban sürgető szükségsszerűséggé teszik a robbantásos cselekmények vizsgálatát, az ellenük való védekezés adminisztratív, technikai/műszaki és szervezeti lehetőségeinek kutatását. A kutatás eredményeként, egyrészt a magyarországi környezetben található épületek terrorista merényletekkel szembeni védelmének módszereit, eljárásait, lehetőségeit kívántuk kidolgozni. A vizsgálat fő szempontjai alapvetően a szerkezet károsodásának mértéke és a bent lévő emberek életének a védelme voltak. Vizsgáltuk továbbá, hogy az adott környezeti feltételek mellett egy kiemelt fontosságú objektum hogyan tehető biztonságosabbá? Kutattuk az aktív és passzív védekezés lehetőségeit. A kutatás vizsgálta a katonai missziós feladatok létesítményeinek, táborainak védelmi lehetőségeit is. A külföldi konferenciákon, egyéb rendezvényeken egyrészt közzétettük

<sup>774</sup> Román Zsolt: A robbantásos merényletek elleni védekezés során felmerülő kérdések, számítási módszerek és alkalmazásuk – a problémakör múltja és jelene. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20. (2010), 1–4. 273–308.

<sup>775</sup> Román (2010): i. m. 274.

<sup>776</sup> TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások (2012–2013).

elért kutatási eredményeinket, másrészt kapcsolatokat építettünk a szakterület nemzetközi szakértőivel.”<sup>777</sup>

A kutatás során az alábbi részfeladatokat végezték el a munkacsoportban részt vevő szakemberek:

- A robbantásos merényletek jellemzőinek meghatározása.
- Bekövetkezett robbantásos merényletek – esettanulmányok.
- Kritikus infrastruktúra körébe tartozó létesítmények veszélyeztetettségének meghatározása kockázatelemzéssel.
- A robbanási hatások elleni védelmet szabályozó hazai és nemzetközi előírások tanulmányozása, kutatása, összehasonlítása – Elkészült az Építmények robbantásos cselekmények elleni védelmét szolgáló hazai és nemzetközi szabályozók, szabványok, szabályzatok, egyéb szakanyagok c. kutatási adatbázis DVD-n, amely a témával kapcsolatos 323 db dokumentumot tartalmazza, szakszavak által kereshető formában.
- A robbanási lökéshullám építményekre gyakorolt hatásának modellezése számítógépes programok (ProSAir, ANSYS LS DYNA) alkalmazásával.
- Kísérleti robbantások végrehajtása a robbanási terhek pontosítására – a TÜV Rheinland InterCert Kft. közreműködésével + Kísérleti robbantások háromféle robbanóanyag robbanásfizikai paramétereinek és arányossági jellemzőinek megállapításához című dokumentumfilm.
- Az adatok tükrében ajánlások kidolgozása az egyes állandó építmények kialakítására, megerősítésére, védelmi képességének fokozására.
- A program alkalmazhatóságának vizsgálata missziós katonai műveletek Force Protection feladatai során.

A kutatásban hét minősített és tíz nem minősített oktató, kutató, további öt doktorandusz hallgató és három egyéb szakértő (köztük egy BSc-hallgató), valamint kilenc külföldi szaktekinetly vett részt. 12 hazai és külföldi konferencián 35 előadást tartottak, 79 folyóiratcikket írtak (magyar, angol és szlovák nyelvű), öt további tanulmány, egy TDK-dolgozat és a két zárótanulmány<sup>778</sup> készült el. Öt PhD-értekezést védtek meg sikeresen a részt vevő kutatók az általuk vizsgált témában. A projekt folyamán kiépített hazai és nemzetközi szakmai kapcsolatok révén a témához fűződő újabb eredmények megismerése a program továbbfejlesztésének lehetőségét is magában hordozta.

A TÁMOP kiadott pályázati anyagában az alábbi célokat fogalmazta meg a kiíró. „Az Új Széchenyi Terv egyik kiemelt feladatának tekinti az egyetemek, főiskolák támogatását a tehetséggondozásban, az oktatói, tudományos utánpótlás biztosításában és intézményi kapcsolatrendszer erősítésében. A pályázat célja a hazai felsőoktatási

<sup>777</sup> Lukács László: *TÁMOP Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások projekt, Építmények védelme, megerősítése robbantásos cselekmények ellen című kiemelt kutatási terület zárójelentése*. 2013c.

<sup>778</sup> Állandó épületek robbantásos cselekményekkel szembeni védelme fokozásának módszerei, eszközei, lehetőségei – tervezési segédlet (544 oldal), valamint Katonai táborok robbantásos cselekményekkel szembeni védelme fokozásának módszerei, eszközei, lehetőségei – tervezési segédlet (519 oldal).

intézmények versenyképességének erősítése, a kiemelt kutatási területek minőségi fejlesztése és az intézményi kapcsolatrendszer fejlesztése. A pályázat keretében pályázni lehet [...] a szellemi potenciál fejlesztésével kapcsolatos tevékenységekre (az oktatói-kutatói állomány bővítésére, képzésére, kiemelt kutatási területek minőségi fejlesztésével kapcsolatos tevékenységekre), kiemelt kutatási területeken projektek meghatározására, azok részletes tervezésére, az intézményi kapcsolatrendszer fejlesztésével kapcsolatos tevékenységekre, kutatási hálózatok megszervezésére [...] a kialakított kutatási szervezet(ek) jövőképekének kidolgozására.”

A Nemzeti Közszerológati Egyetem 2012-es megalakulását követően a volt ZMNE két karából létrejött Hadtudományi és Honvédtiszképző Karon megszűnt a fenti TÁMOP-kutatás bázisaként szolgált Műszaki Tanszék és alapjaiban a mérnök képzés. 2012 decemberében megjelent egy kormányhatározat<sup>779</sup> a nyugdíjas közalkalmazottak közfoglalkoztatásának korlátozásáról. Ennek eredményeként (közel 90 fő NKE-s oktatóval együtt) a kutatás vezetője és további két tanszéki vezető oktató is távozott a felsőoktatásból. A TÁMOP-kutatás során elért eredmények, a kialakított külföldi kapcsolatrendszer szintén széthullott.

A következőkben csak néhány, a pályázat ideje alatt folytatott kutatás eredményeként megszületett tanulmányt tudunk bemutatni.

Kovács Zoltán *Fontos létesítmények IED elleni védelme* címmel írt tanulmányt<sup>780</sup> a *Műszaki Katonai Közöny* 2012. évi TÁMOP-különszámába. Absztraktjában így foglalta össze a munkáját: „A terrorista robbantások elleni védekezés témakörének aktualitása napjainkban megkérdőjelezhetetlen, hiszen a robbantásos (terror) cselekmények szinte mindennaposá váltak, ha hazánkban nem is, azonban a médiában rendszeresen szerepelnek ilyen események. Az ellenük való hatékony védekezés, az arra történő felkészülés, vagy még inkább a lehetséges megelőzés pedig mindannyiunk érdeke. A kritikus infrastruktúra elemei – közte a polgári és a katonai létesítmények – különösen veszélyeztetettnek számítanak, így a szerző ezt a területet vizsgálva bemutatja a különböző, ezen létesítmények elleni támadásra alkalmazható improvizált robbanóeszközök elhelyezési és alkalmazási lehetőségeit, jellemzőit, az ilyen eszközök felderítését segítő technikai és taktikai megoldásokat.”<sup>781</sup>

Ugyanebben a kiadványban jelent meg Lukács László cikke az *épületek elleni robbantásos cselekmények jellemzőiről*.<sup>782</sup> „A terrorista robbantások során az elkövetés egyik módszere, az építmények támadása nem kontakt (a katonai szakterminológia szerint közbehelyezett összpontosított) töltetekkel. A végrehajtás eszköze rendszerint egy gépjármű, melynek méretét a rombolandó építmény, ennek következtében a szükséges robbanóanyag mennyisége határozza meg. A robbanási lökéshullám (amennyi-

<sup>779</sup> 1700/2012 (XII. 29.) Korm. határozat a közszférában alkalmazandó nyugdíjpolitikai elvekről.

<sup>780</sup> Kovács Zoltán: Fontos létesítmények IED elleni védelme. *Műszaki Katonai Közöny*, 22. (2012b), különszám. 35–44.

<sup>781</sup> Kovács (2012b): i. m. 35.

<sup>782</sup> Lukács László: Épületek elleni robbantásos cselekmények és jellemzőik. *Műszaki Katonai Közöny*, 22. (2012b), különszám. 4–13.



ben energiája megfelelő), egyrészt rombolhatja az építmény falait, tartószerkezeteit, melynek következtében – a legrosszabb változat esetén – az összeomló épületszerkezet még a robbanásnál is nagyobb pusztítást végez. Ezt a pusztítást tovább fokozzák magából a felrobbantott járműből származó ún. primer, továbbá a környezetben lévő anyagokból keletkező szekunder repeszek, és a robbanás során keletkező magas hőmérséklet. A cikkben az építmények elleni robbantásos merényletek ezen hatásait elemezzük, a már bekövetkezett cselekmények, támadások tükrében.”<sup>783</sup>

Szabó Sándor és Tóth Rudolf az építmények robbantásos cselekmények elleni védelmének növelési lehetőségeiről írt tanulmányt.<sup>784</sup> „Korunk biztonsági kihívásai között a szakértők legnagyobb veszélyként a terrorizmust jelölik meg. A terrorcselekmények elkövetésének meglehetősen »bő receptúrája« alakult ki az elmúlt években. Sajnálatos, hogy az egyik legdurvább és az egyik leggyakrabban alkalmazott módszerré a robbantásos cselekmények váltak. Napjainkban a robbanóanyagok illegális beszerzése »nem jelent gondot«, ártalmatlan anyagokból történő előállításuk pedig nem igényel különösebb szakértelmet. A nemzetbiztonsági szolgálatok, terrorelhárító szervezetek – külön-külön és együttműködve is – megkülönböztetett figyelmet fordítanak a terrorizmus elleni harcra, különösen a robbantásos cselekmények megelőzésére. A feladat nem könnyű, mivel a terrortámadások célpontja, ideje, helyszíne, szinte meghatározhatatlan, ezért a szakértők a megelőzésre fektetik a fő hangsúlyt. Felmérik a potenciálisan lehetséges célpontokat és a terrorcselekmény végrehajtási feltételeinek minimálisra csökkentésével igyekeznek azt megakadályozni. A lehetséges célpontok között szerepelnek a forgalmas, nagytömegeket befogadó, vagy más szempontból különösen fontos objektumok, építmények. Publikációnkban – a teljesség igénye nélkül – szeretnénk felvillantani a különböző építmények (mérnöki létesítmények) biztonságával kapcsolatos előírásokat, ajánlásokat, melyek célja ezen építmények védelmének garantálása, a lehetséges terrorcselekmények megelőzése, vagy hatásaik minimálisra csökkentése.”<sup>785</sup>

Balogh Zsuzsanna és Hanka László egy másik módszert ajánlott az építmények robbantásos cselekmények elleni védelmére, a *Bayes-analízis alkalmazását a kockázatelemzésben*.<sup>786</sup> „A rendelkezésre álló adatok szerint a terrorizmus aktivitása napról-napra növekszik, különösen az utóbbi 15 évben. A terrorizmus globális problémává vált. A modern terrorizmus azonban jellegében eltér a múltbéliétől. Napjainkban a terroristáknak lehetősége van az innovatív technológiák alkalmazására. Ez merőben új kihívást jelent a védekezés szempontjából a szakemberek számára. A kockázatelemzés elmélete és módszerei alkalmazhatók arra, hogy segítségükkel becslést adjunk a terrorcselekmények bekövetkezésére és a következményekre vonatkozólag. A kockázat becslésére matematikai módszerek alkalmazhatóak, ezen belül is széleskörűen alkalmazott

<sup>783</sup> Lukács (2012b): i. m. 4.

<sup>784</sup> Szabó Sándor – Tóth Rudolf: Építmények robbantásos cselekmények elleni védelmének növelési lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012), különszám. 14–25.

<sup>785</sup> Szabó–Tóth (2012): i. m. 14.

<sup>786</sup> Balogh Zsuzsanna – Hanka László: Bayes-analízis alkalmazása a kockázatelemzésben. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012), különszám. 57–72.

a valószínűségelméleti megközelítés. A legalkalmasabb elméleti háttérnek Bayes-féle következtetések elmélete mutatkozik. Ebben a dolgozatban a Bayes-tételt és alkalmazásának lehetőségeit mutatjuk be a terrorizmus fenyegetettségével kapcsolatosan.”<sup>787</sup>

Román Zsolt és Nagy Róbert az áramlástan megközelítés alkalmazásáról írt a robbantások elleni védekezés során.<sup>788</sup> „A robbantások elleni védekezés az utóbbi években mindinkább jelentősebb témává válik a biztonságtechnikában, de ezzel egy időben rohamosan fejlődik a mérnöki tudomány is, amely a modern számítástechnikai kapacitással komoly áttörést ért el. A robbanási paraméterek kísérleti eredményekre támaszkodó módszere mellett alkalmazhatjuk a numerikus áramlástan lökeshullámok terjedésének leírására optimalizált megoldó algoritmusait is. Bemutatjuk ennek az igen nagy számítási kapacitást igénylő módszernek az előnyeit: az összetett geometria esetén való megoldhatóságot, a szerkezeti modellekkel való kapcsolási lehetőséget. Példákon mutatjuk be egy robbanás komplex városi környezetben kifejtett hatását, védőfalak szerepét az építmények védelmében, nem szokványos geometriájú épület robbanásterhét.”<sup>789</sup>

2013-ban is jelentek meg a fenti kutatás nyomán írt cikkek a *Műszaki Katonai Közlönyben*. Kovács Zoltán a katonai objektumok IED elleni védelmének lehetséges technikai megoldásairól írt.<sup>790</sup> „Az aszimmetrikus hadviselés, vagy elterjedtebb nevén: a terrorizmus, egyik fegyvere a »háziágos készítésű«, azaz improvizált robbanóeszköz (IED). Az ilyen eszközök előállítása egyszerű (az internetes világhálón is találni lehet számos készítési útmutatót), olcsó (a mindennapi életben használt eszközökből, vegyszerekből stb. is előállíthatók), a közvetlen hatásuk pedig ugyan főleg harcászati szinten az áldozatok nagy számában jelentkezik, azonban az alkalmazásukkal együtt járó médiakampány, közérdeklődés és elrettentés miatt akár stratégiai hatással is rendelkezhetnek. Napjainkra a robbantásos cselekmények szinte mindennapossá váltak, ha hazánkban nem is történnek, azonban a médiában rendszeresen szerepelnek ilyen események. Az ellenük való hatékony védekezés vagy még inkább a lehetséges megelőzés, az arra történő felkészülés pedig mindannyiunk érdeke.”<sup>791</sup>

Lukács László és Balogh Zsuzsanna a *Nairobi*ban lévő amerikai nagykövetség elleni 1998-as bombatámadást és annak tapasztalatait foglalta össze egy tanulmányban.<sup>792</sup> A bevezetésben az alábbiakban összegezték a közlemény tartalmát. „A tanulmányban áttekintjük a Nairobi

<sup>787</sup> Balogh–Hanka (2012): i. m. 57.

<sup>788</sup> Román Zsolt – Nagy Róbert: Áramlástan megközelítés alkalmazása a robbantások elleni védekezésben. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012), különszám. 45–56.

<sup>789</sup> Román–Nagy (2012): i. m. 45.

<sup>790</sup> Kovács Zoltán: Katonai objektumok IED elleni védelmének lehetséges technikai megoldásai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23. (2013), 2. 114–121.

<sup>791</sup> Kovács (2013): i. m. 114.

<sup>792</sup> Lukács László – Balogh Zsuzsanna: Bombatámadás az USA nagykövetség ellen – Nairobi, 1998. augusztus 07. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23. (2013), 2. 159–178.

létrehozott bizottsági jelentés főbb megállapításait. Tekintve, hogy az alkalmazott robbanóanyag-töltet mennyiségéről erősen eltérő adatok láttak napvilágot, egy, a robbanás közelében lévő földrengéskutató intézet szeizmológiai mérései alapján lefolytatott vizsgálat eredményeit ismertetve próbálunk közelebb jutni a valósághoz. Ugyancsak bemutatunk egy módszert, melynek segítségével felmérhetők egy építményben a robbantás okozta károk. Az amerikai kormány humanitárius segélyakciót indított a kenyai nagykövetség robbantás sérültjeinek és károsultjainak megsegítésére: az USAID program főbb célkitűzéseit és az erre fordított összegeket is tartalmazza a tanulmány. Befejezésül értékeljük a tanulságokat, különös tekintettel a biztonsági távolságok fontosságára. Néhány egyszerű módszer bemutatásával zárul a dolgozat, melynek segítségével (szükség esetén) gyorsan megállapíthatók ezek az értékek, egy védendő létesítményre vonatkozóan.”<sup>793</sup>

Balogh Zsuzsanna az amerikai védelmi minisztérium épületek terrorizmus elleni védelmének szabványát mutatta be a cikkében.<sup>794</sup> Az anyagban kitér a szabvány létrejöttének körülményeire, a bevezetése óta abban végrehajtott változtatásokra, a szabvány felépítésére (ezen belül felsorolja a készítése során felhasznált egyéb szabályzókat, szabványokat, utasításokat és kézikönyveket). Összefoglalja annak alkalmazási körét és a tervezési stratégiákat. A minimális antiterrorista elvárások közül (meglévő és új épületek esetén) részletezi a helyszíni elrendezések, a szerkezeti, építészeti és épületgépészeti tervezés során betartandó szabályokat. A szabvány ajánlásokat is tartalmaz többek között a külföldön kialakított objektumokra vonatkozóan. A cikk végén a szerző javaslatokat fogalmaz meg az amerikai szabványban foglaltak hazai adaptációjának lehetőségeire.

2014-ben a *Műszaki Katonai Közlöny*ben megjelent cikkben összegezte Lukács László a TÁMOP Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások projekt keretében, „Építmények védelme, megerősítése robbantásos cselekmények ellen” témában folytatott kétéves kutatás eredményeit.<sup>795</sup>

A TÁMOP-kutatás eredményeként megszületett öt PhD-értekezésnek csak a címét idézzük. Az érdeklődők teljes terjedelmükben elolvashatják azokat az Országos Doktori Tanács<sup>796</sup> honlapján, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, illetve az Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola sikeresen megvédett disszertációi között:

- Balogh Zsuzsanna: Objektumok robbantásos cselekmények elleni védelmének lehetőségei. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, 2013b.

<sup>793</sup> Lukács–Balogh (2013): i. m. 159.

<sup>794</sup> Balogh Zsuzsanna: Az USA védelmi minisztérium által kiadott, épületek minimálisan kialakítandó terrorizmus elleni védelmének szabványa – egységes létesítményi előírások. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23. (2013a), 2. 47–63.

<sup>795</sup> Lukács László: Építmények robbantásos cselekmények elleni védelme. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24. (2014b), 3. 65–74.

<sup>796</sup> <https://doktori.hu/index.php?menuid=100&lang=HU&cid=247>

- Daruka Norbert: A bűnös célú/terror jellegű robbantások és az ellenük való védekezés lehetőségei, különös tekintettel a tűzszerész feladatok ellátására. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Nemzeti Közszerológati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, 2013.
- Hernád Mária: A robbanás és a robbanóanyagok emberi szervezetre gyakorolt hatásai és megelőzésének lehetőségei. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Nemzeti Közszerológati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, 2013a.
- Pető Richárd: Objektumok védelmének eszközei és lehetőségei a bűnös célú/terror jellegű robbantásokkal szemben. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, 2017.
- Román Zsolt: Robbantásos cselekmények elemzése, ellenük való védekezés és annak építményvédelmi vonatkozásai. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, 2015.

A bemutatott tanulmányok alapján feltételezhető volt, hogy *Magyarországon* is szabályozásra került legalább a *kritikus infrastruktúra körébe tartozó létesítmények robbantásos cselekmények elleni védelme*, az azzal kapcsolatos építéstervezési eljárások, előírások. *Román Zsolt és Kovács Ferenc 2016-ban* ebben a témában megjelent cikke sajnos nem ezt bizonyítja.<sup>797</sup>

„Magyarországon jelenleg hatályos a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény, illetve ennek a végrehajtásáról szóló 65/2013. (III. 8.) Korm. rendelet. Az ezekben foglalt intézkedéseket hazánk az EU jogharmonizáció keretében hajtotta végre, igaz lényegesen később, mint ahogy azt az EU előírta.

Az események, és a politika évek alatti hozzáállása alapján két fő gondolatot érdemes kiemelni a hazai infrastruktúra-védelemmel kapcsolatban:

- a mindenkori vezetés, és a civil szektor hajlamos a biztonságon spórolni,
- a kritikus infrastruktúra (KI) témája jogi kérdésként van kezelve, és a döntéshozóktól a végrehajtókig jogászok kapnak olyan hatásköröket, amelyek szakértelmet és specifikus felkészülést kívánnak, háttérbe szorulnak a mérnökök, a közzgazdászok, az infrastruktúra szakemberei.

Bár a kormányrendelet jól összegzi azokat a tennivalókat, amelyek szükségesek az ország infrastruktúrájának integrált védelméhez, meg kell jegyezni, hogy a kockázatelemzéstől az azonosítási jelentésig mindent az üzemeltető hatáskörébe helyez. Jelenleg tisztázatlan, hogy az üzemeltetőknek honnan lesz kapacitása és megfelelő szaktudása a felmerülő műszaki-üzemeltetési-biztonsági problémák integrált megoldására.”<sup>798</sup>

„A vonatkozó KI irányelvek meghatározzák a KI-vá nyilvánítás kritériumait (mekkora területet érint, mekkora anyagi kárt okoz stb.), de nem ad tájékoztatást arról, hogy

<sup>797</sup> Román Zsolt – Kovács Ferenc: Épületek robbantás elleni védelmének szabályozási kérdései. *Műszaki Katonai Közöny*, 26. (2016), 3. 93–104.

<sup>798</sup> Román–Kovács (2016): i. m. 96.

a kijelölt objektumokat mekkora hatások ellen kell tervezni, mekkora az elérendő biztonsági szint, és milyen műszaki megoldásokkal javasolt azt elérni.

Előre láthatóan ezen a téren a szakhatóságok fognak előírást készíteni, de jelenleg az itthoni KI védelem bevezetése még nem tart ebben a szakaszban.

Robbantások elleni védekezés témájában hiányzik a magyar szakmai életből egy átfogó, korszerű szabályozás, amire a szakhatóság támaszkodhatna, ennek hiánya várhatóan tovább fogja nehezíteni a biztonsági fejlesztésekre vonatkozó előírások megalkotását.

Az alkalmazásra kerülő KI-védelmi törvénnyel szemben az itthoni szakmai életben már meg is fogalmazódtak az aggodalmak:

- félő, hogy az üzemeltető nem fogja teljes körűen elvégezni saját maga felmérését, az azonosítási eljárást és az alkalmazott javító intézkedések is csekély anyagi ráfordításúak lesznek,
- a KI védelme érdekében szükséges ún. biztonsági beruházásokat igyekeznek lefedni, mivel ezek megvalósítása is a tulajdonos, az üzemeltető költségére kellene, hogy megvalósuljon,
- a jogszabály szerint az azonosításkor figyelembe vett kritériumot a vizsgált rendszerelem biztos tönkremenetelére kell megnézni (következmény-alapú vizsgálat). Ez egy általánosított vizsgálat, ami növeli a vizsgálandó elemek számát, ez pedig érzékeny a meghúzott kritériumokra. Ha a veszélyeztetettség is figyelembe van véve a vizsgálatkor, akkor realisabb kép kapható a valódi kritikus infrastruktúra elemekről (ilyen azonosítási rendszert használnak az USA-ban), ehhez azonban több és bonyolultabb számítást kellene végezni.”<sup>799</sup>

„A biztonság olyan terület, ahol kevésbé érzékelhető a befektetett pénz és energia. Csak a katasztrófák, vészhelyzetek során derül ki igazán, hogy egy ország mennyit költ a biztonságára. Egészen addig, amíg rendkívüli helyzetek nem lépnek fel, a befektetések nem szembetűnőek. Ugyanezen okból kifolyólag spórolni is ezen a területen lehet a legkönnyebben, hiszen – egészen a baj bekövetkeztéig – a lakosság nem érzékel semmit a megszorításokból. A jelenlegi szabályozás egyik rendszerszintű problémája, hogy az infrastruktúra tulajdonosait, üzemeltetőit terheli meg úgy a kijelölési folyamat lefolytatásával, mint a védelem megtervezésével, és mindezek költségeit is az üzemeltetőknek kell állniuk. Ez a helyzet kontraproduktív, a rendszer egyik fontos (nem megkerülhető) résztvevőjét, az üzemeltetőt ellenérdekeltté teszi a lelkiismeretes, biztonságközpontú fejlesztésekkel kapcsolatban. Az eredmények, fejlesztések érdekében központi forrásokat kellene biztosítani a védelmi beruházásokhoz, és megfontolandó minden egyéb szabályozás, ami az üzemeltetők együttműködését, és érdekeltiségét elősegíti.”<sup>800</sup>

A cikkben javaslatokat is megfogalmaznak a szerzők a probléma kezelésére.

<sup>799</sup> Román–Kovács (2016): i. m. 97.

<sup>800</sup> Román–Kovács (2016): i. m. 100.

„A hazai szabályozás első lépéseként fel kell mérni, milyen létesítményeknél kell figyelembe venni a robbanássterhet. Ezek:

- a kritikus infrastruktúra azon elemei, melyek esetében a kijelölő hatóság előírja a robbantási hatásokat, mint figyelembe veendő veszélyt,
- a kritikus infrastruktúra halmazából kimaradó, de funkciójánál fogva veszélyeztetett államigazgatási és honvédelmi létesítmények.”<sup>801</sup>

„Magyarországon jelenleg nem elérhető olyan magyar nyelvű útmutató, előírás, de még szakkönyv sem, ami a kor színvonalának megfelelően taglalná a robbantások elleni statikai méretezés számítási módszereit.

A jogszabályban elő kell írni egy új, bevezetendő méretezési szabványnak a használatát. A szabvány használatának betartása a tervező felelőssége, a tervezés szabványnak való megfeleléséről a tervező az erőtanai számításban nyilatkozik, ezt a nyilatkozatot az illetékes építési hatóság a szokásos keretek között megköveteli és ellenőrzi.

A szabvány lehetséges tartalmi elemei:

- engedélyezett és tiltott építőanyagok, technológiák;
- tervezési részletekről való rendelkezés (nyílászárók, csomópontok kialakítása);
- figyelembe veendő robbanóanyag mennyiség előírása;
- útmutatás méretezés elméleti vonatkozásban (biztonsági tényezők, valószínűségi módszerek);
- a célbiztonság meghatározása;
- dinamikai méretezési módszer előírása.”<sup>802</sup>

A cikk befejező gondolatai: „A jelen mérnöki gyakorlatában jól érzékelhető, hogy a robbantások hatásaira történő méretezés számtalan jogi és műszaki problémával terhelt, melynek feloldását el kell kezdeni a szakma és a jogi terület széleskörű bevonása mellett.”<sup>803</sup>

Lukács László és Balogh Zsuzsanna a *Honvédségi Szemlé*be írt egy tanulmányt *2019-ben a kritikus infrastruktúra létesítményeinek robbantásos cselekmények elleni védelméről*.<sup>804</sup> A cikkben foglaltakat az alábbiakban összegezték. „Korunk biztonsági kihívásai között az egyik legnagyobb veszélyt a terrorizmus jelenti. A »terror« szó eredeti angol jelentése szerinti »rémület, rettegés, borzalom, iszony« kiváltása a lakosság körében – akár fegyveres támadás, akár robbantás vagy egy sokaságba rohanó tehergépjármű által – az okozott tényleges veszteségeknél is nagyobb gondot jelent, az annak nyomán eluralkodó széles körű bizonytalanság, félelem miatt. A terrorista merényletek ma már országoktól és földrészekről függetlenül jelennek meg, az alkalmazott módszerek

<sup>801</sup> Román–Kovács (2016): i. m. 101.

<sup>802</sup> Román–Kovács (2016): i. m. 102.

<sup>803</sup> Román–Kovács (2016): i. m. 103.

<sup>804</sup> Lukács László – Balogh Zsuzsanna: A kritikus infrastruktúra létesítményeinek robbantásos cselekmények elleni védelméről. *Honvédségi Szemle*, (2019), 3. 85–102.



is nagyon változatosak. Sajnálatos, hogy az egyik leggyakrabban elkövetési módszerre a robbantásos cselekmények váltak.

A terrorizmus elleni harc során, a robbantásos merényletek komoly kihívást jelentenek az elhárításukon dolgozók számára. Munkájukat világszerte több civil szervezet is segíti a veszély helyzetekre való figyelemfelhívással, alapismeretek átadásával, összefogásra buzdítva a lakosságot. A feladat nem könnyű, mivel a terrortámadások célpontja, ideje és helyszíne szinte meghatározhatatlan, ezért a szakértők a megelőzésre fektetik a fő hangsúlyt, melynek fontos eleme a terrorista hálózatok felderítése, az utánpótlások felszámolása. Felmérik a potenciálisan fenyegetett létesítményeket, és a robbantások végrehajtási feltételeinek minimálisra csökkentésével igyekeznek azt megakadályozni. A lehetséges célpontok között szerepelnek a nagy forgalmú, sok ember által látogatott, vagy más szempontból kiemelt fontosságú objektumok, építmények. Az elmúlt időszak robbantásos eseményei megkérdőjelezhetetlenné teszik ezeknek a fenyegetettnek tekintendő létesítményeknek robbantások elleni védelmét. A támadások főbb jellemzőit és a védekezés lehetőségeit foglalja össze röviden a tanulmány.”<sup>805</sup>

A szerzőpárosnak még két cikke jelent meg a turizmus és létesítményeinek robbantásos fenyegetettségéről és a lehetséges védelemről. *2018-ban a turisztikai létesítmények robbantásos fenyegetettségével* foglalkoztak.<sup>806</sup> „Korunk biztonsági kihívásai között a szakértők legnagyobb veszélyként a terrorizmust jelölik meg. A terrorista merényletek elkövetésének módszerei nagyon változatosak. Sajnálatos, hogy az egyik legdurvább és az egyik leggyakrabban alkalmazott módszerre a robbantásos cselekmények váltak. [...] [A] terrortámadások célpontja, ideje, helyszíne szinte meghatározhatatlan, ezért a szakértők a megelőzésre fektetik a fő hangsúlyt. Felmérik a potenciálisan lehetséges célpontokat, és a robbantások végrehajtási feltételeinek minimálisra csökkentésével igyekeznek azt megakadályozni. A lehetséges célpontok között szerepelnek a forgalmas, nagy tömegeket befogadó, vagy más szempontból különösen fontos objektumok, építmények. Ezek között vezető helyen állnak, állhatnak a turisztikai szálláshelyek, valamint a sokak által látogatott idegenforgalmi helyek, látványosságok, események. Az elmúlt időszak sajnálatos robbantásos eseményei megkérdőjelezhetetlenné teszik a különböző létesítmények robbantásos cselekmények elleni védelmét. A lehetséges támadások jellemzőit és a védekezés lehetőségeit foglalja össze röviden a cikk.”<sup>807</sup>

*2021-ben* megjelent tanulmányukban a *szállodai létesítmények robbantásos cselekmények elleni védelmének lehetőségeit* foglalták össze röviden.<sup>808</sup> „A terrorista támadások során az elkövetők célja a lehető legnagyobb pusztítás mellett, a tettük minél szélesebb körű publicitásának elérése. Ehhez az egyik széleskörűen alkalmazott eszköz a robbanóanyag, melyet akár rejtetten, akár erőszakos úton, pl. tehergépjárművel áttörve juttatnak

<sup>805</sup> Lukács–Balogh (2019): i. m. 85.

<sup>806</sup> Lukács László – Balogh Zsuzsanna: Turisztikai létesítmények, események robbantásos fenyegetettsége. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28. (2018), 2. 238–251.

<sup>807</sup> Lukács–Balogh (2018): i. m. 238.

<sup>808</sup> Lukács László – Balogh Zsuzsanna: Szállodai létesítmények robbantások elleni védelmének lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 31. (2021), 4. 21–34.

el a tervezett célponthoz, célpontba. A támadások olyan helyszínekre irányulnak, ahol sokan, sok helyről érkezve tartózkodnak egy helyen. Az elmúlt évek eseményei bizonyítják, hogy a kedvelt turista célpontok szállodai létesítményeiben is történtek ilyen merényletek. A tanulmányban e létesítmények védelmi szintjének, fizikai biztonságtechnikai eszközökkel történő fokozásának lehetőségeit foglaljuk össze bizonyítva, hogy a külső esztétikum és a magas hatásfokú védelem ma már kölcsönösen biztosítható.”<sup>809</sup>

A cikkben részletesebben kitérnek az erőszakos gépjármű-behatolás fizikai akadályaira (utcabútorok és egyéb akadályok), valamint a beltéri robbantások elleni védelmi lehetőségeire (speciális lövés- és repeszálló biztonsági bútorok). A közlemény végén egy érdekes gondolata is olvasható Björn Lomborgnak a *NATO Tükör* 2008/4. száma alapján arra a kérdésre válaszolva: megéri-e a pénzt a terrorrelhárítás? „A globális terrorizmus olcsó, csekély emberigényű, a világ figyelmét felkelti és lehetőséget ad a gyengének arra, hogy megrémítse az erőseket. [...] A fejlett világ a fundamentalista iszlám terrorizmus fenyegetésére reagálva kulcsfontosságú célpontjai körül egyre nagyobb, egyre erőteljesebb védelmet épít ki. Egyre nehezebb bejutni a repülőterekre és nagykövetségekre, a legfontosabb látványosságokat is elzárták a potenciális robbantók elől. 2001 óta a világ körülbelül 70 milliárd dollárt költött megnövelt belbiztonsági intézkedésekre. Amint az várható volt ez körülbelül 34%-kal csökkentette a transznacionális támadások számát. Azonban a terroristák évente átlagosan így is 67-tel több halottat hagytak maguk mögött. A halottak számának növekedése azért következett be, mert a terroristák racionálisan reagálnak az egyre növekvő biztonsági intézkedések eredményeként létrejött magasabb kockázatra. Olyan tervekre koncentrálnak, amelyek még nagyobb pusztítást okozhatnak. A kormányok intézkedése annak érdekében, hogy egy helyszínt megvédjenek, egész egyszerűen arra ösztökéli a terroristákat, hogy másik célpontot válasszanak. [...] A terrortámadások mindig is egyértelmű és olcsó módszer lehetnek az olyan csoportok számára, akik pánikot és kétségbeesést akarnak okozni.”<sup>810</sup>

A fejezetet egy 1896-ban írt hídrobbantással foglalkozó cikkel kezdtük. Az utolsó, a *Műszaki Katonai Közlönyben* 2022-ben megjelent cikk is hídrobbantással foglalkozik. Tóth Ferenc és Kovács Zoltán *Hidak a magyar–jugoszláv határon* című tanulmánya<sup>811</sup> a Dráván és a Murán átívelő vasúti és közúti hidak történetét foglalja össze, amelyből az azok robbantására vonatkozó részeket mutatjuk be. „A magyar honvédség a német támadás ötödik napján, [1941.] április 11-én a délutáni órákban a Duna–Tisza közén és a Pécs–Villány körzetéből kiindulva is átlépte Magyarország trianoni határait. A szerb visszavonuló csapatok az utolsó pillanatokban használhatatlanná tették a hidakat, így Csáktornya megközelíthetetlené vált. Varasd irányába a Dráván átívelő vasúti hidat, mivel mindkét hídfője jugoszláv területen feküdt, felrobbantották. Magyarország felől pedig a felrobbantott Mura-hidak miatt szakadt meg a várossal a kapcsolat. A letenyei

<sup>809</sup> Lukács–Balogh (2021): i. m. 21.

<sup>810</sup> Björn Lomborg: A terrorizmus mechanikája – Megéri-e a pénzt a terrorrelhárítás? *NATO Tükör*, (2008), 4.

<sup>811</sup> Tóth Ferenc – Kovács Zoltán: *Hidak a magyar–jugoszláv határon. Műszaki Katonai Közlöny*, 32. (2022) 1. 27–48.

Mura-híd jobb part felőli nyílását 1941. április 6-án robbantották fel, ez azonban nem volt egészen sikeres, a szerkezet állva maradt, a megerősítésre tett intézkedések idején azonban a megsérült nyílása mégis leszakadt. [...] A murakeresztúri Mura-híd jugoszláv oldali pillérét és két nyílását felrobbantották. Másnap hajnalban a Zákány és Gyékényes között épült Dráva-híd jugoszláv oldalon álló három hídmezője került a víz alá. Szinte ugyanabban az időben a Barcs–Bonigogerje között a 154,8 folyamkilométernél (fkm) épült vasúti híd szerb oldalon álló parti áthidalásának part felőli vége zuhant a vízbe, és a mellette lévő nyílás roppant meg, de az állva maradt.”<sup>812</sup> A következő időszakban a rombolt hidakat ideiglenesen helyreállították, hogy aztán a megváltozott hadi helyzetben, az immár délről északi irányba visszavonuló német csapatok, a támadó orosz erők előtt újból használhatatlanná tegyék azokat. 1944 novemberében először a Dráván átívelő, majd az eszéki hidat robbantották fel. „A védelmi vonal Drávára támaszkodó szárnyát a védők mégsem tartották áttörhetetlennek, mert december 7-én Barcsnál a Dráván átívelő vasúti hidat felrobbantották. A pillérek közül különösen a 2. pillér rongálódott, a 3. pillér épségben maradt. A vasszerkezet mind a vízbe zuhant. A barcsi közúti híd jugoszláv oldalán levő áthidalása egy légitámadásnál súlyosan megrongálódott és a vízbe zuhant. A parti hídfő is teljesen elpusztult, a híd többi részében is károk keletkeztek, de a híd három, Magyarország felé eső áthidalása a pilléreken állva maradt. Így, torzóként maradt hátra mintegy 20 évig.”<sup>813</sup>

„Míg Drávaszabolcs környékén a német, a bolgár és a szovjet csapatok küzdöttek egymással, az amerikai légierő tovább bombázta a fronttól távolabb lévő Dráva-hidakat. Az Olaszországból felszálló bombázó-repülőgépek miatt Varasd környékén szinte állandóan zúgtak a szirénák. A 15. amerikai légi hadsereg március 18-án lerombolta a 13 áthidalással épült ideiglenes varasdi vasúti híd folyó közepén álló hídlábát, így a középső áthidalás két nyílása a pillér összedőlése után a vízbe zuhant. [...] Március végén a front teljes szakaszán fellángoltak a harcok. A visszavonuló csapatok április 1-jén hajnalban felrobbantották a gyékényesi és május 3-án a varasdi Dráva- és Mura-hidakat. A háború véget ért. A békekesség beköszöntével a Dráva vize már a hidak fölött folyt át.”<sup>814</sup>

<sup>812</sup> Tóth–Kovács (2022): i. m. 34.

<sup>813</sup> Tóth–Kovács (2022): i. m. 38–39.

<sup>814</sup> Tóth–Kovács (2022): i. m. 39–40.

## 5. Föld és sziklás kőzetek robbantása a katonai szakfolyóiratokban

A feketelőpor Kr. u. 700 körüli felfedezése Kínában még mintegy 300 évig nem hozott drámai változást a hadviselésben. Aztán a mongol támadások elleni védekezés 1000 körül kikényszerítette a fegyverként történő alkalmazását is. Az arabok az 1200-as évektől használták a lőport, Európában pedig Roger Bacon angol ferences rendi szerzetes 1249-ben „találta fel” azt a kontinens számára, 7 rész salétrom, valamint 4-4 rész faszén és kén keveréként. Berthold Schwarz német szerzetes, akit sokan – tévesen – az európai lőpor atyjának tartanak, a 14. század második felében élt (1310–1384), és a lőpor lőfegyverekben való elterjesztésében játszott szerepet. 1326-ban Angliában töltötték földrészünkön először ágyúba a puskaport, 1346-ból pedig írásos feljegyzések maradtak fenn a crécyi csatában történt ágyúhasználatról. Az angol és a francia csapatok küzdelmében az angol ágyúk kettős hatásáról számoltak be a történetírók. Egyrészt a lövések dörejétől a lovak között pánik tört ki, másrészt a lövések sűrű füstje miatt az angol íjászok támadása hatástalanná vált, mert nem látták az eltalálendő ellenséget. Németországban és Franciaországban csak 1380 után kezdték a „lövőfegyvereket” használni, minthogy a „lovagias érzék és vallásos buzgóság” ebben az időben nem tudott velük megbarátkozni. A robbanóanyagok föld- és kőzetrobbantásra történő alkalmazására azonban még várni kellett, habár a harc egy másik módja teljesen logikussá tette volna ilyen célú felhasználását is. A történelem kerekét több ezer évvel visszaforgatva azt látjuk, hogy ahogy a társadalmak fejlődtek, és ahogy elkezdődött az árutermelés és a kereskedelem, az ebben részes közösségek úgy váltak egyre gazdagabbá. A gazdagságot azonban veszélyek fenyegették, a megszerzett javak elleni rablótámadásokat pedig valahogy el kellett hárítani. Ennek legegyszerűbb formája a városokat védő falak készítése volt. Ezzel elkezdődött az a körforgás, amely a várakat, erődített városokat építők, valamint az azokat ostrommal elfoglalni akaró támadók között zajlott. A létrákkal, faltörő kosokkal és ostromtornyokkal történő támadások mellett megjelent a föld alatti aknaharc is, amikor a támadók a falak alá ásott aknában a leomlasztandó falszakaszt fagerendákkal támasztották meg, aztán az éghető anyagokkal (zsír, faggyú, kátrány stb.) bekent faépítményt felgyújtva ütöttek rést a falon. A védők az ilyen támadásokat ellenaknák készítésével próbálták elhárítani. Ebben a küzdelemben a főszerep a föld alatti munka legjobb ismerőire, a bányászokra hárult.

A lőpor megjelenése értelemszerűen kínálta az aláaknázott várfalak felrobbantásának módszerét is, de erre – érdekes módon – sokáig senki sem gondolt, miközben a gyalogsági és a tüzérségi lőfegyverek hatalmas fejlődésen mentek keresztül az évszázadok során. Még Konstantinápoly 1453-as török elfoglalásakor sem alkalmazta a lőport II. Mehmed szultán az egymás mögött húzódó, esetenként akár 3-4 m vastag falak felrobbantására. Robert Crowley így írt könyvében<sup>815</sup> az ostromnak erről a szakaszáról. „Május derekára

<sup>815</sup> Robert Crowley: *1453 – Konstantinápoly utolsó nagy ostroma*. Budapest, Park Kiadó, 2005.

Mehmed a végsőkig feszítette a város védelmét, de az még mindig nem tört meg. Hadserege és hajóhada erőforrásait a szultán maximálisan kihasználta támadásra, lövetésre és blokádra, a középkori ostromháborúk három kulcselemére. Egy klasszikus módszer viszont eddig jórészt kipróbálatlan maradt: az aknaásás.

A szerbiai oszmán csatlós államban feküdt az ezüsbányái gazdagságáról Európá-szerzte híres Novo Brdo, a legfontosabb település a Balkán mélyén. A hadjáratra szlávokat is besoroztak katonának, köztük egy csapat szakképzett vájárt a bányavárosból, valószínűleg szász bevándorlókat, akik »mesterien ástak és vájtak szét hegyeket, kiknek szerszámai alatt a márvány viasz, a fekete hegyek pedig porhalmok vala«. Bár munkai-gényes volt, az aknaásás az egyik leghatékonyabb eljárásnak számított a falak lerombolá-sára, és a muszlim seregek több száz éve sikeresen alkalmazták. A 12. század végére Szaladin utódjai rutinszerűen foglaltak el nagy keresztes várakat hat hét alatt a lövetés és az aknaásás társításával.”<sup>816</sup>

„Május közepén a szász ezüsbányászok cölöpfalak és földfedezékek takarásában ásni kezdtek az oszmán ároktól a falig terjedő 250 méteren. Nagy hozzáértést kívánó, lidércesen bonyolult és kimerítő munka volt. Füstölgő fáklyák fénye mellett a bányászok szűk föld alatti alagutakat vájtak, és ezeket előrehaladás közben faácsolattal dúcolták alá. A várost korábban ostromlók sikertelenül próbálkoztak ezzel a módszerrel, így a védők abban a hitben éltek, hogy a kemény sziklák miatt legalább ettől a fenyegetéstől nem kell tartaniuk. Május 16-án aztán rádöbbsen, hogy ez a nézet hamis. A várfalon őrködők meghallották a csákányok csengését, a falakon belüli földszakasz alól.

A védők – az eredetileg skót – Johannes Grantot, hivatásos katonát és hadmérnököt bízták meg az aknaharc irányításával. Ellenaknát ástak, majd a fa dúcokat felgyújtva, az aknászokra omlasztották az alagutat. A további aknamunkák felderítésére Grant vízzel teli tálakat és vödröket helyeztetett el szabályos térközönként a falak mellett a földön, és figyelő szolgálatot szervezett. Május 21-én újabb alagutat fedeztek fel, melyet továbbra is azzal a céllal ástak az ostromlók, hogy a fal alatt juttassanak csapatokat a várba. A védők egy újabb ellenaknával ezt is megsemmisítették. 22-én újabb két aknatámadást kellett megghiúsítaniuk.

A szász bányászok azonban fáradhatatlanok voltak. Egy nap sem telt el újabb próbálkozás nélkül. Jacobo Tetaldi, egy firenzei kereskedő azt írta: »a keresztények ellenaknát ástak, hallgatóztak és betájolták őket [...] Füsttel vagy olykor ártalmas és bűzös léggel megfojtották a törököket az alagútjaikban. Egyes helyeken vízáradattal fullasztották meg őket és gyakran kényszerültek kézitusára.«”<sup>817</sup>

„Május 23-án egy újabb aknatámadást fedeztek fel a védők és az ellen-aknával behatolva az alagútba, görögtűzzel beomlasztották a mennyezetet, betemetve az aknászokat. Két tisztjüket elfogva és kivallatva, megtudták az összes többi munkálat helyét.

<sup>816</sup> Crowley (2005): i. m. 209. Idézet: Agostino Pertusi: *La Caduta di Constantinopoli*. 2 kötet. Milánó, 1976. 262.

<sup>817</sup> Crowley (2005): i. m. 211. Idézet: J. R. Melville Jones: *The Siege of Constantinople 1453.: Seven Contemporary Accounts*. Amszterdam, 1972. 5.

Másnap az ezüsbányászok taktikát váltottak. Eddig egyenes vonalban elhaladtak a fal alatt, hogy bejáratot teremtsenek a városba, most a falat elérve elfordultak, és az alatt ástak tovább tíz lépés hosszán. Az alagutat támfákkal kidúcolták, és felkészültek a felgyújtására, hogy így omlasszák be az adott falszakaszt. A munkát csak az utolsó pillanatban fedezték fel: a behatolókat elűzték, a falat téglával alulról újraalapozták.

Május 25-én egy utolsó kísérlet történt ennek a műveletnek a megismétlésére. Az aknászoknak megint sikerült egy hosszú falszakaszt alátámasztani a felgyújtáshoz, mielőtt tetten érték és visszaverték őket. A védők szemében ez volt a legveszélyesebb az eddig talált összes alagút közül, és fölfedezése az aknaháború végét jelezte. A szász bányászok szakadatlanul dolgoztak tíz napon át; 14 alagutat építettek, de Grant valamennyit elpusztította. Mehmed belátta tornyai és aknái kudarcát – és tovább ágyúztatott.”<sup>818</sup> A város elfoglalását így végül az Orbán nevű ágyúöntő hatalmas ágyúinak falakat pusztító ereje tette lehetővé: 1453. május 29-én, ötvennapos hősies ellenállás után esett el a város.

Az aláaknázott falak löporral történő első felrobbantása végül is egy olasz reneszánsz művész, Francesco di Giorgio Martini (1439–1501) nevéhez fűződik. Martini egy személyben volt építész, hadmérnök, tervező, szobrász, festő, hidraulika- és ballisztikai szakértő. Tervezett gyertyatartókat és oltárképeket, féldomborműveket és római stílusú fürdőt vagy egész katedrálist és erődítményt is. Igazi „hírnevet” viszont 1495-ben szerzett, amikor megtervezte és végrehajtotta Európa első, várfal elleni robbanó aknájának tervezését Nápoly ostromakor. A „találmány” gyorsan elterjedt, és a várakat ostromló seregek egyre sűrűbben alkalmazták az aláaknázott falak támaszgerendáinak felgyújtása helyett a löporral történő robbantást. A 16–17. században más hadszíntereken is megjelent a föld alatti aknaharc. IV. (Rettegett) Iván orosz csapatai 1552-ben Kazanyt vették be, Indiában pedig 1568-ban Akbar mogul császár<sup>819</sup> foglalta el négy hónapos ostrom után Chitor erődítményét, a lövészárkokat is készítő 5000 árkász közreműködésével a falak alá ásott két akna robbantásával. 1583-ban Japánban Hidejosi<sup>820</sup> a környékbeli aranybánya bányászai által a Kameyama-kastély alá ásott aknában felrobbantott löporral döntötte le a falat, és foglalta el az erődítményt. Ugyanebben az évben a mai Észak-Rajna–Vesztfáliában zajlott vallási háború során Godesberget ostromolták és robbantották fel. Szmoleszk húsz hónapos lengyel ostroma (1609–1611) szintén a sikeres aknatámadások után dőlt el. Az Oszmán Birodalom hódító háborúi közben került sor az egyik legnagyobb aknaharcra, a Kréta szigetén fekvő Kandia (Candia) 1669-es elfoglalásakor. A város és az azt védő erőd elleni ostrom során ott zajló hatalmas akna- és ellenaknaharchoz hasonló méretű az I. világháborúig nem ismétlődött meg a történelemben. Az aknaháború méreteit érzékelteti, hogy a védő velenceiek 1172 aknát robbantottak fel, a támadó törökök pedig háromszor annyit.

Amennyire a bányászok szakmai tudása révén kezdődött a föld alatti aknaharc több évezredes története, a löporos aknák alkalmazása olyan későn érkezett vissza

<sup>818</sup> Crowley (2005): i. m. 213–214.

<sup>819</sup> Akbar vagy Nagy Akbar (1542–1605), a legnagyobb indiai mogul császár, aki a mogulok uralmát az indiai szubkontinens legnagyobb részére kiterjesztette.

<sup>820</sup> Tojotomi Hidejosi paraszti sorból felemelkedett hadvezér, kancellár, főminiszter, majd taiko.



a bányászatba. A feketelőpor első ipari felhasználására csak 1627-ben került sor Selmecbányán (Szélakna, Felső-Bibertáró), Weindl Gáspár tiroli bányamester híres robbantásánál. Az ötlet egyébként a bánya egyik résztulajdonosától, Montecuccoli bárótól származott, aki a nagy hadvezér rokonaként, a várak alákészítésének tapasztalatait javasolta átültetni a bányászati gyakorlatba. A sikeren felbuzdulva a módszer gyorsan terjedt Európában: 1679-ben a franciaországi Canal du Midi, Malpas alagútját robbantással alakították ki, Angliában pedig ón- és rézbányában kezdett 1689-ben lőporral robbantani id. Thomas Esply. A földrobbantásnál alkalmazott töltetek mai értelemben vett számításának kidolgozásához azonban újból egy katonára volt szükség. A francia Sébastien Le Prestre de Vauban marsall (1633–1707) az erődítmények elleni és az azok védelméért folytatott harc forradalmi megújítójaként került a történelem halhatatlanjai közé. Arday Géza így írt róla 1910-es könyvében.<sup>821</sup> „A robbantási haditechnika terén Vauban kezdeményezésére nagy haladás történt. Vauban, aki az aknaharc megalkotójának tekintendő, 53 ostromban vett részt és az akkori támadási eljárások gyengéit jól ismerte, úgy, hogy a franciáknál közmondássá vált, ez a mondás: »Ville assiégée par Vauban ville prise, ville fortifiée par Vauban, ville imprenable – A Vauban által ostromolt város, bevett város; a Vauban által megerősített város, bevehetetlen város«. [...] Vauban 1685–1686-ban egy mineur<sup>822</sup> századossal kísérleteket eszközölt és az aknában használandó robbanó töltetek számára táblázatot állított össze. Új lőportöltényeket készített a zúzó és az úgynevezett cammoufflets-lőportöltetek<sup>823</sup> alkalmazásával, melynek elége oly nagy füstöt terjesztett, hogy segítségével az ellenséges mineuröket az aknákból kikergette.

A megromlott levegőt vagy fujtatók segítségével vagy tűzzel előidézett légáramlattal igyekeztek a szomszédos aknajaratokba, esetleg fúrás által, a föld felszínére terelni. Vauban francia tábornagy az ő váraiban mindenütt ellenaknákat alkalmazott, mely az ellenséges aknákat hálószerűleg vette körül. Találmányai közé tartozik még a »Lees boulets creux«<sup>824</sup> és a »Le tir á ricochet«.<sup>825</sup>

Vauban a könyvében elsőként írt az aknaharccal kapcsolatban olyan tudományos megalapozottságú robbantási szabályokról, amelyeket még a 19. században is alkalmaztak.<sup>826</sup> Művében elsőként rögzítette az aknaharc szakterminológiáját, elvégezte az aknák rendeltetés szerinti felosztását, rögzítve jellemzőiket. Szintén elsőként dolgozta ki a feketelőpor-töltet számításának metodikáját a várható hatások alapján. Benedek

<sup>821</sup> Arday (1910): i. m.

<sup>822</sup> Aknász.

<sup>823</sup> Az ellenséges akná elleni töltet, amely üreget hoz létre a föld alatt, de nem képződik kráter a föld felszínén. Az aknaharcban fontos volt, hogy úgy semmisítse meg a robbanás az ellenséges aknát/ellenaknát, hogy közben ne sérüljön meg a felette lévő építmény (például a várfal).

<sup>824</sup> Üreges ágyúgolyók.

<sup>825</sup> Le tir á ricochet jelentése: felpattanó (geller) lövés; Arday (1910): i. m.

<sup>826</sup> Sébastien Le Prestre de Vauban: *A Manual of Siegecraft and Fortification*. (Az ostromtechnika és az erődítés kézikönyve). Ann Arbor, University of Michigan Press, 1968. (Mémoire pour servir d'instruction dans la conduite des sièges et dans la défense des places – Az ostromok vezetésére és a helyek védelmére vonatkozó utasításként szolgáló feljegyzés, Leiden, 1740. alapján fordította George A. Rothrock).

Dénes bányamérnök az 1961-ben megjelent cikkében<sup>827</sup> ezt írta erről: „A robbantás első elméleti alapra felépített klasszikus képletét 260 évvel ezelőtt Vauban francia hadmérnök állította fel. Felismerte, hogy a robbanóanyag töltet nagysága a legkisebb ellenállás vonalától és a fajlagos robbanóanyag fogyasztástól függ. Képlete még ma is használatban van, s nem szenvedett lényeges változást.”<sup>828</sup> Vauban a töltetek könnyebb meghatározásához egy táblázatot is készített, amely alapján az 1,8–12,2 m mélységben kialakított aknakamrákban elhelyezendő feketelőpor tömege elérhette akár a 2300 kg-ot is.<sup>829</sup>

Vauban tábornagy halála után utódja, Belidor<sup>830</sup> tovább tökéletesítette az aknaharcot, amennyiben a löporos aknák használatára a gyakorlati tapasztalatokból merített elméleti tantételeket állapított meg. Az 1669-es, fent bemutatott kandiai ostrom „arra indította XIV. Lajos francia királyt, hogy Maintenon táborában, 1679-ben, felállította az első aknász századot, melynek élére Goulon-t rendelte. Rövid idő múlva még 3 századot szerveztek, melyek parancsnokai Esprit, Megrigny és Delorme voltak. [...] A szervezett aknász századokkal egyidejűleg felállított szakiskolák mindenekelőtt a robbantó elméleteket fejlesztették; Megrigny<sup>831</sup> pl. már 1686-ben végezte első robbantásos kísérleteit, melyeknek valószínűleg hármas célja lehetett:

- a normális töltés meghatározása;
- a kirobbantott tölcser alakjának kipuhatolása;
- annak beigazolása, hogy egyenlő oldalú tölcseraknák töltései úgy viszonylanak egymáshoz, mint a kiröpített testek köbtartalmai.”<sup>832</sup>

A korabeli számítások során a töltetek tömegének meghatározásánál nem tettek különbséget a föld-, illetve a szikla- és építési anyag-robbantás (tégla, kő, beton, vasbeton) között. A kutatásokban kiemelt jelentőségű volt a 18. század legkiválóbb aknászának tartott Belidornak azon felfedezése, hogy „minden robbantó töltés bizonyos nyomási gömböt létesít”. Újabb előrelépést jelentett 1805-ben Lebrun, a szintén francia aknásztiszt, aki Megrigny 1686-os kísérleti eredményeit is felhasználva felállította töltési képletét, amely szerint a két hasonló repesztő kúphoz tartozó töltések úgy viszonylanak egymáshoz, mint e kúpok köbtartalmai. „Ebből eredően mértanilag hasonló aknatölcserék esetén a robbantó töltések úgy viszonylanak egymáshoz, mint a megfelelő ellenállások harmadik hatványai. Ebből az arányból következik, hogy a töltés és az ellenállás harmadik

<sup>827</sup> Benedek Dénes: Nagyszelvényű robbantólyukak töltetszámítása külfejtésekben. *Bányászati Lapok*, (1961), 11. 755–763.

<sup>828</sup> Arday (1910): i. m. 756.

<sup>829</sup> A föld alatti aknaharcról részletesen lásd Lukács László: *Szemelvények a hazai katonai robbantástechnika és a föld alatti aknaharc fejlődéstörténetéből*. Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó, 2023.

<sup>830</sup> Bernard Forest de Belidor (1697–1761) francia hadmérnök, matematikus, a modern aknaharc megteremtője. Tanított a francia tüzérségi iskolában, majd több hadjáratban is részt vett. Alezredes, ezredes, majd dandárparancsnok és az utászok főfelügyelője.

<sup>831</sup> Jean de Megrigny (1631–1720) hadmérnök, altábornagy, Vauban barátja. 1673-ban létrehozta az ostromhadviselésre, különösen a föld alatti hadviselésre, valamint a tárnák építésére és karbantartására kiképzett aknászokból álló századot. Ő volt a szerzője és irányítója annak az ellenaknákból álló hálózatnak, amely átszeli Tournai fellegvárának föld alatti tereit. Egyes irodalmakban Mesgrigny néven szerepel.

<sup>832</sup> Schaffer (1903): i. m. 171.

hatványából képzett hányados állandó; melynek értékét töltési együtthatónak nevezzük.”<sup>833</sup> Így született meg Lebrun képlete, amelyben a robbanóanyag tömege egyenlő a töltési együttható és az ellenállási vonal harmadik hatványának szorzatával.<sup>834</sup> Eduard Ržiha cs. kir. hadmérnökkari százados 1866-ban megjelent könyvében<sup>835</sup> viszont nem tartotta fontosnak a kirobbantott tölcser alakját, amely nézetét más kutatók cáfolták.

Lebrun elméletét fejlesztette tovább 1871–1873 között a Linzben végrehajtott kísérleti falrobbantásai során az Osztrák–Magyar Hadügyi Bizottság, amely azt állapította meg, hogy „különböző fűrőlyukak töltései úgy viszonylanak egymáshoz, mint a megfelelő romboló övek félátmérőinek (repsző sugarak) harmadik hatványai”. A képletet Julius Vogl őrnagy<sup>836</sup> finomította tovább 1874-ben, bevezetve a számításba a töltet hatásmutató ma is alkalmazott értékét, amely a rombolási sugár és a legkisebb ellenállási vonal hányadosa, és az alábbi tényezőktől függ:

- a talaj fajtájától és állapotától;
- az alkalmazott robbanóanyag fajtájától, tulajdonságaitól;
- a fojtástól.

A töltet hatásmutatójának megfelelő megválasztásával tudjuk elérni, hogy a töltet hajítsa, lazítsa a talajt (kőzetet), vagy csak annak belsejében fejtsen ki hatást. A töltési együttható kezdetben összevontan, egy értékben határozták meg, majd felbontották két tényezőre, amelyből az egyik segítségével lehetett a talaj és az alkalmazott robbanóanyag tulajdonságait figyelembe venni, a másikkal pedig a robbanás kívánt hatását biztosítani. Ezáltal egyre pontosabb robbantások végrehajtására nyílt lehetőség.

Összességében megállapítható, hogy a föld alatti hatású töltetek robbantásakor keletkező hatásöveket már az 1700-as évek közepén meghatározták, és a mai napig (kisebb finomításokkal) helytállóan bizonyultak. Ugyancsak feltárásra kerültek a kirobbantott tölcser leggazdaságosabb paraméterei (a tölcser sugara = a legkisebb ellenállási vonallal; illetve a kirobbantott tölcser oldalfalának a talaj felszínével bezárt szöge közel 45°). Ugyancsak megtörtént a töltetek hatás szerinti csoportosítása, amely végül is a mai terminológia szerint hajító, lazító, valamint föld alatti hatású töltetként foglalható össze.

<sup>833</sup> Schaffer (1903): i. m. 175–176.

<sup>834</sup> H. Gumpertz – M. Lebrun: *Traité pratique et théorique des mines*. (Gyakorlati és elméleti értekezés az aknákról). Paris, Levraut, Schoell et Compagnie, 1805.

<sup>835</sup> Eduard Ržiha: *Die Theorie der Minen basirt auf die Wellenbewegung in concentrischen Kugelschichten*. (Az aknák elmélete a hullámok mozgásán alapul gömbök koncentrikus rétegeiben). Lemberg, magánkiadás, 1866.

<sup>836</sup> Julius Vogl (1831–1900) osztrák műszaki tiszt. 1849–1859 között Olaszországban kezdte katonai szolgálatát az 5. műszaki zászlóalj aknász részlegében. Az 1859-es olaszországi hadjáratban tanúsított kiváló magatartásáért századosi léptették elő. 1871-től részt vett az Osztrák–Magyar Hadügyi Bizottság 2. Műszaki osztályának tisztjeként az erődítési robbantási kísérletekben. 1881-től a 8. gyalogoshadosztály műszaki főnöke Innsbruckban, majd 1883-tól a 14. hadtest műszaki főnöke és a tiroli erődítések építési igazgatója. Ebben a minőségében 1885-ben vezérőrnaggyá, 1890-ben pedig altábornaggyá lépett elő. Az olasz határon lévő erődítmények építésében meghatározó szerepet játszott 1884-től a század végéig. Az erődítmények tervezésénél már páncélozott elemeket használt Karintiában és Tirolban. Ez alatt az idő alatt segítette a Škoda céget a páncélozott erődelemek gyártásában, a drága németországi Gruson cég páncéltartóinak alternatívájaként.

Az 1800-as évek elejére kidolgozásra került az az alapképlet, amelyet a mai napig alkalmaznak, ha más jelölésekkel és kisebb finomításokkal is: e szerint a legkisebb ellenállási vonal harmadik hatványának és a töltési együtthatónak a szorzata a szükséges töltetmennyiség.<sup>837</sup>

A föld- és sziklarobbantás szabályait mind a hajító, mind a lazító robbantások esetén példamutató részletességgel dolgozta fel Schaffer Antal az 1903-ban megjelent könyvében, amely szilárd alapot nyújthatott a katonai és a civil robbantási szakembereknek egyaránt.<sup>838</sup>

A fejezet további részében a témával kapcsolatban megjelent szakcikkek között szemlélünk az 1800-as évek végétől napjainkig.

### 5.1. Szakcikkek föld és sziklás kőzetek robbantásáról 1945-ig

A nitroglicerinnel megjelenésével<sup>839</sup> nagy lendületet kaptak a közlekedési infrastruktúra fejlesztése érdekében végzett föld- és sziklarobbantások. Ugyanakkor nem voltak elhanyagolhatók a robbanóanyag nem megfelelő kezelésbiztonságából fakadó veszélyek sem. *Alfred Nobel 1867-ben* feltalálta a kovaföldből és nitroglicerinnél készült *gurdinamitot*, amely egy csapásra megváltoztatta a robbantástechnikát. Széles körű felhasználási lehetőségeiről tíz évvel később, *1877-ben* közölt egy négyrészes tanulmányt *Speidl Bódog*<sup>840</sup> a *Gazdasági Mérnök* című lapban. A cikksorozat II. részében a dinamittal történő sziklarepesztésről ír, külön részletezve a töltetek elhelyezésével kapcsolatos szabályokat szárazon és a víz alatt végzett munkák esetén.<sup>841</sup> Kitért az alacsony hőmérsékleti viszonyok melletti munkavégzésre is, tekintve hogy „a dynamit 6°C-nál megmerevedik, többé nem idomítható, miért is vele ily állapotban a furatot szárazon való repesztésnél nem lehet jól kitölteni, habár ez, a lehető nagy hatás elérése céljából, igen kívánatos”.<sup>842</sup> Részletes technológiai leírást is ad a fagyott dynamit „fellágyítására”.

A tanulmány III. részében<sup>843</sup> foglalkozik a szerző a robbantáshoz szükséges furatok elkészítésének, valamint a szükséges robbanóanyag-töltetek tömegének meghatározásával. „A robbantótöltetek nagysága, azaz a felhasználandó dynamit súlya függ főleg annak nitroglycerin tartalmától, a legkisebb ellenállási távtól és a repesztendő kőzet minőségétől, compactiójától<sup>844</sup> és külső alakzatától. A három utolsó tényezőt egybefoglalva mondhatjuk, hogy egynemű dynamit használata mellett, bizonyos repesztésre szükséges dynamit mennyiség, a legkisebb 'e' ellenállási távon kívül, a kőzetnek az ellenállási távegysége mellett fellépő ellenállásától függ. Ezen függési viszony pontosan nem

<sup>837</sup> Bővebben lásd még Lukács (2017b): i. m., 2.3.1. alfejezet, 109–111., továbbá 2.4.1. alfejezet. 132–136.

<sup>838</sup> Schaffer (1903): i. m.

<sup>839</sup> Ascanio Sobrero olasz fizikus és kémikus szívgyógyszerként fejlesztette ki 1846-ban.

<sup>840</sup> Mérnök, cs. k. mérnökkari hadnagy.

<sup>841</sup> Speidl (1877b): i. m.

<sup>842</sup> Speidl (1877b): i. m. 116.

<sup>843</sup> Speidl (1877c): i. m.

<sup>844</sup> A compaction szó préselést jelent, itt a kőzet sűrűségéről, szilárdságáról van szó.

ismeretes, de a gyakorlatban (a hadmérnöki karnál használt tapasztalati készlet értelmében) felvételik, hogy a szükséges robbantó anyag mennyisége arányos az ellenállási táv köbével.”<sup>845</sup> A repesztendő közettől függő szorzótényezőt kísérleti robbantással javasolja megállapítani, amelynek végrehajtására külön példát is bemutat.

Kitér az egyes furatok egymástól való távolságának meghatározására, amelyet abban az esetben, ha a tölteteket egyenként robbantják, akkor az 'e' legkisebb ellenállási vonal<sup>846</sup> 1,25–1,5-szörösére kell venni. A töltetek egyidejű robbantásakor ez 2 'e' érték lesz. Meghatározza az alkalmazandó fojtás hosszát is, amely a robbantótöltény hosszának 1,5-szerese. „A furat átmérője a furatban elhelyezendő dynamit mennyiségétől, ez ismét a legkisebb ellenállási távtól, tehát a furat átmérője is a legkisebb ellenállási távtól függ.”<sup>847</sup> Ez Speidl szerint 1,0 méterig 2,8 cm, 1,25–1,75 m között 4,0 cm, 2,0–2,5 m esetén 5,25 cm, 2,75–3,0 m-nél 6,6 cm, míg 3 m fölött 8,0 cm. „Ami a furat irányát illeti, úgy az lehetőleg függélyes legyen, mert így a kézi erővel való fúrás legkönnyebb. Egyébként szabály, hogy a közet lépcsőkben való megoldásakor a furat a lépcső illetve oldalával párhuzamos legyen.”<sup>848</sup>

A cikk a forgalomban lévő dinamitféleségek ajánlott felhasználási körének bemutatásával zárul:

- I. számú dynamit – a legszilárdabb kőzeteknél (kvarc, bazalt, kovás pala);
- II. számú dynamit: a fent jelölt kőzetekben nagy szelvényű alagutak robbantására és kagylós mészkőben;
- III. számú dynamit: „mindennemű kőzetben” kisebb szelvényű aknáknál, fagyott talajban, kemény talajoknál (kavicsal kevert agyag, márga, mészkő);
- IV. számú dynamit: építési kővek fejtésére.<sup>849</sup>

A cikksorozat utolsó részében – többek között – a robbantási munkák „árelemzésével és költségkimutatásával” foglalkozik.<sup>850</sup> Ezen belül táblázatokban összefoglalva bemutatja a szárazon végzett sziklarepesztés költségeit, úgymint a robbanóanyag és az egyéb robbantószerkezetek árait, a fúrási költségeket és az 1 m<sup>3</sup> szikla jövesztésének költségeit lőpor és I. sz. dynamit alkalmazásakor. A víz alatti robbantások esetén költségnövelő tényezőként említi a munkaállványok és segédutajok beszerzésének és fenntartásának, valamint a bűvárok alkalmazásának pluszköltségeit: „a víz alatti robbantás 5-10-szer annyiba kerül, mint a szárazon”.<sup>851</sup>

*Dolecskó Ferencnek a Magyar Mérnök című lapban 1881-ben megjelent tanulmányában a korábban bemutatott cikknél is részletesebb leírást olvashatunk a dinamitról és gyakorlati felhasználásának szabályairól, beleértve annak szállítását és raktározását*

<sup>845</sup> Speidl (1877c): i. m. 128.

<sup>846</sup> „A furat alsó végéből a legközelebbi szabad felületre húzható merőleges hossza.” Speidl (1877c): i. m. 128.

<sup>847</sup> Speidl (1877c): i. m. 128.

<sup>848</sup> Speidl (1877c): i. m. 129.

<sup>849</sup> Speidl (1877c): i. m. 130.

<sup>850</sup> Speidl (1877d): i. m.

<sup>851</sup> Speidl (1877d): i. m. 143.

is.<sup>852</sup> Ebben az anyagban már szerepel az új robbanóanyag, a repesztőzselatin, amelynek a dinamithoz viszonyított hatását vizsgáló, különböző keménységű kőzetekben elvégzett kísérleti robbantások eredményeit egy táblázatban mutatja be a szerző.<sup>853</sup>

A robbanóanyag-töltetek számítására és elhelyezésére vonatkozó leíráson kívül a mellékletekben táblázatokat is közöl a töltetek tömegének gyorsabb meghatározására különböző keménységű kőzetek esetén.

A dinamit és a benne rejlő lehetőségek nem igazán jelentek meg a *Ludovica Academia Közlönyének* oldalain. Az első rövidhírt 1888-ban olvashattuk *A dinamitnak egy új alkalmazása* címmel.<sup>854</sup> „Bonnefort francia hadmérnöki százados a dinamitgázok feszülő erejét arra használja fel, hogy a talajt gyorsan, bár csak ideiglenesen kiszárítsa, azaz hogy a talajvizet rövid időre eltávolítsa oly helyről, hol valamely alapozás eszközendő. Az aknafúróval 3-4 m mély és 4 cm átmérőjű lyukat fúrnak, melynek fenekén egy dynamittöltényt robbantanak fel; a nagy gáznyomás a talajvizet a lyuk közül 1.10 m.-nyi távolságra szorítja vissza és miután annak visszajövedele ½ óráig tartott, ezen idő alatt elvégezhetik a beton alapozást.”

Az *al-dunai folyószabályozási munkák* során végzett víz alatti robbantások már több figyelmet kaptak. 1891-ben a *Magyar Mérnök* hasábjain Könyves Tóth Mihály közölt egy részletes cikket a térségben végrehajtott *víz alatti sziklarobbantásokról*.<sup>855</sup>

A *Ludovika Akadémia Közlönyében* Szabó István százados írt egy beszámolót erről a folyószabályozási munkáról 1893-ban.<sup>856</sup> Ennek keretében hajtották végre a szerbiai Grében-hegy sziklagerincének robbantását, amelynek során „szokatlanul nagy tömegű” dynamittölteteket használtak. „Az alkalmazott aknatöltet 4-12.000 kg dinamit volt. Az aknafolyosók 25 m hosszúak, 1 m magasak és 0.60 m szélesek voltak. Az akna megtöltése után a folyosó hosszának fele cement-, a másik fele száraz fallal lett befalazva. A hatás földrengésszerű volt! A megrázkódást föld alatti moraj előzte meg. A magyar parton, mely 900 m-re van, a hullámok az 1.5 m magas partra felhajítják a hajókat. Egy 35 kg súlyú kő pedig oda áthajított és egy méter mélyen fúródott a kemény talajba. Összesen 500.000 m<sup>3</sup> kő volt tervszerűen lerobbantandó; ebből a múlt évben mintegy 350.000 m<sup>3</sup> már eltakarítottatott.”<sup>857</sup>

1896-ban már a *Vaskapu-csatorna megnyitásáról*<sup>858</sup> közölt egy rövidhírt a *Ludovika Akadémia Közlönye* egy, a *Vasúti és Közlekedési Közlönyben* megjelent anyag alapján. „A csatorna építésénél alkalmazott zárógát eltávolítása február hó 29-én történt 500 kg dinamit fölrobbantása után, mire a Duna vize beömlött a csatornába.”<sup>859</sup>

<sup>852</sup> Dolecskó (1881a): i. m.

<sup>853</sup> Dolecskó (1881a): i. m. 407.

<sup>854</sup> A dinamitnak egy új alkalmazása. *Ludovica Academia Közlönye*, (1888), 10. 878.

<sup>855</sup> Könyves Tóth Mihály: Az aldunai zuhatagok víz alatti szikláinak robbantása. *Magyar Mérnök*, (1891), 8. 325–341.

<sup>856</sup> Szabó István: Az al-dunai szabályozó munkálatok. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1893), 11. 943–950.

<sup>857</sup> Szabó (1893): i. m. 949.

<sup>858</sup> A vaskapu csatorna megnyitása, *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1896). 319–320. (A *Vasúti és közlekedési közlöny* nyomán).

<sup>859</sup> A vaskapu csatorna megnyitása (1896): i. m. 320.



A *Vaskapu-szabályozás* során végzett munkákról a *Magyar Mérnök 1897-es* cikke alapján szerezhetünk bővebb információkat.<sup>860</sup> A fentebb bemutatott grébeni nagy robbantás részleteit *Hoszpötzky Alajos 1900-ban* megjelent cikkéből<sup>861</sup> ismerhetjük meg, a töltetek számításától, a gyűjtőhálózatok kialakításán keresztül, az elvégzett munkák összesített mennyiségéig és azok költségéig.

A leírtakon kívül más, föld- és sziklarobbantással foglalkozó hazai katonai szakcikkkel nem találkozunk az I. világháború kitöréséig. Jogosan vetődik fel a kérdés, hogy ezek után a magyar hadsereg *mennyire volt felkészülve a világháborúban* végrehajtandó ilyen jellegű feladatokra. A föld alatti aknaharc fejlődésével kapcsolatban a fejezet bevezetőjében bemutatott folyamat eredményeként a földrobbantás elmélete és gyakorlata magas szintet ért el a 20. század elejére. A *Bolyai János életéről írt egyik könyvben* arról olvashatunk, hogy *1822-ben* a cs. és kir. Műszaki Katonai Akadémián, a VIII. mérnökkari osztály kadétjainak „a katonai építész-mérnökök számára különösen szükséges tudományokat tanították. Ezek a tantárgyak: az erődítéstan második része, az építőművészet, az erődítési és építészeti tervrajzok, a német írásmód és a francia nyelv voltak.

János ezt a tantárgyat, mivel az erődítéstan minden tétele a matematikán, a geometrián alapult, könnyen elsajátította. A hét mérnökkari kadétot először arra vezették rá, hogy az állandóan erősítendő helyeket – a hadászati és politikai viszonyok alapján – az állami erődítéstan határozza meg.

Ezzel a témával befejezték a föld feletti erődítést, melynek keretében megtanulták a különböző földrajzi adottságú és hadicélú erődítmények tervezésének és építésének, berendezésének és felszerelésének elveit, szabályait, törvényszerűségeit és követelményeit.

Ezt követően kadettársaival együtt áttért a föld alatti erődítéstan témakörére, melynek során [...] megismerték az aknásítás fogalmát és célját, a különböző aknarendszereket és részeit, az aknákat és alkotóelemeit, majd megtanulták az aknák beállítását, hatását és a megfelelő töltet meghatározásának módszerét. Ezután elsajátították az erődítményeknél folyó védelmi és támadó aknaharc jellemzőit, megvizsgálták az erődítési aknákat, amelyek arra valók, hogy az ostromlók föld feletti támadó tevékenységét megállítsa, ütegeit felrobbantsa, és az ostromlókat arra kényszerítse, hogy túlnyomós gömbökkel, aknákkal a föld alatt támadják az erődöt. Ezeket a támadásokat a védők különböző gőzakkal és aknarendszerekkel fogadják, hárítják el. [...]

Ez után adták elő számunkra egy adott aknarendszer támadását és védelmét, hogy ez által bebizonyítsák milyen kitűnő és tartós védekező eszközök az aknarendszerek, melyek – a föld feletti erődökkel szemben – jóval kevesebbe kerülnek.”<sup>862</sup>

Ugyanakkor a 19. század végére a nagy mennyiségű harcanyag és élőerő nagy távolságban történő gyors szállítására képes vasutak megjelenésével az Európában zajló háborúk jellege egyre inkább átalakult. Az *1870–1871-es német–francia háborúban* Moltke

<sup>860</sup> Rupčić (1897): i. m.

<sup>861</sup> Hoszpötzky Alajos: Az Alduna szabályozása. *Magyar Mérnök*, (1900), 7–8. 157–186.

<sup>862</sup> Ács Tibor: *Bolyai János új arca – a hadi mérnök*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 2004. 86–95.

tábornok<sup>863</sup> a vasútra alapozta a gyors mozgósítást és a szervezett hadászati felvonulást. Az elért siker alapján, továbbá a tüzérség terén történt hatalmas technikai fejlődés tükrében akkor egyértelműnek látszott, hogy az erődök, az erődharc, és ezzel együtt a föld alatti aknaharc korának vége szakadt. Aztán Port Arthur japán ostromakor (1904–1905) bebizonyosodott, hogy a tüzérségi tűz és a hatalmas, újból és újból megindított gyalogsági rohamok mit sem érnek egy, mégoly gyengén kiépített erőd ellen is. Tíz évvel később pedig egész Európa döbönt rá arra, hogy bármilyen modern tűzfegyverek is vannak a szemben álló feleknek, a kialakuló állóháború évekig tartó borzalmait végül is csak a föld alatt lehetett kimozdítani tetszhalott állapotából – még nagyobb borzalmak árán.

*A Magyar Királyi Honvédség háború előtt helyzetéről* egy, a *Port Arthur ostromáról* tudósító *1904-es újságcikkben* olvashatunk ijesztő képet. „Az 1870/71-iki francia-német háborúban a németek nem törődtek csak azokkal a várakkal, a melyek hadműveleti vonaluk mentén voltak. A francia-német háború még mindig tanulmányozás tárgya s az ott szerzett tapasztalatok még mindig szabályok, a melyeket a modern államok követni iparkodnak. Azért a közép európai államokban nem vetnek nagy súlyt a várakra. [...] A műszaki csapatokat is újjászervezték 1880 óta a német birodalomban, csak utászok vannak, a többi műszaki csapatokat megszüntették. Mi, a kik vakon utánozzuk a németeket s azért egy lépéssel mindig mögöttük vagyunk, szintén átalakítottuk hadmérnöki ezredeinket utász-csapatokká, a melyeknek főhivatása az útépités és hídverés s csak azután mellékesen az erődítések építése s jókarban tartása. A német, magyar és az osztrák szakembereket ezért természetesen meglepte Port-Artur ostroma.”<sup>864</sup>

*A Magyar Katonai Közlönyben* szintén *1904-ben* jelent meg *Zechentmayer József* tanulmánya *Port Arthur ostromáról*.<sup>865</sup> Ebben naplószerű részletességgel számol be – többek között – az aknaharc lefolyásáról, ugyanakkor szakmai értékelést nem kapunk a történetekről.

*A Ludovika Akadémia Közlönye* is közreadott *1905-ben* egy részletes értékelést *Port Arthur műszaki szemmel* címmel.<sup>866</sup> A fentiek ismeretében – nem meglepő módon – a tényleges műszaki munkákról viszonylag keveset olvashatunk az akadémia tanára által írt, több mint húszoldalas anyagban. Annál több szó esik a gyalogsági rohamokról és a tüzérségi támadásokról, valamint a hadihajós harcselekményekről. Egy olyan bekezdést találunk csak az anyag végén, az „általános tanulságok” között, amely magyarázatul szolgálhat a magyar csapatok későbbi háborús katasztrófájára. „A várívásnál előforduló műszaki cselekedetek mindig harcászati követelményekből indulnak ki, de végrehajtásukat befolyásolja a dolog technikai része s csak akkor valósíthatók meg, ha a részletes végrehajtásra műszakilag tökéletesen kiképzett csapatok állanak

<sup>863</sup> Helmuth Karl Bernhard von Moltke tábornagy, katonai stratégia (1800–1891). 1858–1871 között a porosz királyi haderő vezérkari főnöke, majd 1888-ig a német császári nagyvezérkar főnöke.

<sup>864</sup> *Budapesti Hírlap*, 1904. november 6. 15.

<sup>865</sup> Zechentmayer József: Port-Arthur ostroma. *Magyar Katonai Közlöny*, 1. (1908), 907–919.

<sup>866</sup> Székely László: Port Arthur műszaki szemmel. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1905), 4. 423–445.

rendelkezésre; ide az utásznak is egészen különleges kiképzésre van szüksége, tehát már békében (a régi hadmérnök csapatok módjára) igen alaposan kiképzendőök.”<sup>867</sup>

A Port Arthurnál folyt aknaharcról, annak hasznosítható tapasztalatairól szóló részletes értékelések azonban továbbra is vártak magukra a hazai katonai szaksajtóban. Végül 1910-ben olvashatunk erről a *Magyar Katonai Közlöny*ben néhány, külföldi szakfolyóiratokból tallózott rövid anyagot. A *várharc elmélete és gyakorlata* címmel<sup>868</sup> egy Schweninger ezredestől származó véleményt közöltek, aki „a Port Arthurnál szerzett harcászati tapasztalatokban nem lát semmi újságot”. A közlemény utolsó mondatai azért elgondolkodtatóak lehetnek volna a hazai hadvezetés számára is. „Ahol tehát a tüzér már több eredményt nem képes elérni, az árkásznak, az aknatechnikának kell segíteni. Az utász azonban a minőségileg sokkalta nehezebb feladatának csak a leggondosabb kiképzés mellett, és ha van elég embere, képes megfelelni. A háborúra való előkészületben a várnak és a váróvívás körüli harcnak elhanyagolása meg kell, hogy szűnjék.”<sup>869</sup>

A *közei harc a várharcban* című rövid tudósítás még inkább figyelemfelkeltő lehetett volna. „A Port-Arthurnál vívott aknaharcoknál keserűen megbosszulta magát, hogy az erődök építésénél a föld alatti aknavédelemre semmi számba vehető előkészületet nem tettek. Az égető szükség nyomása alatt aztán sok helytelen keletkezett. Az író ilyen védelmi aknarendszereknek az elhelyezését és már békében való előkészítését beszéli meg. Pljuzinski orosz tábornok kijelentésével végzi: A jövő az aknáé, az árkászé. Ha a támadó a védőt az aknaharcra készen találja, ő is kénytelen aknaharcot kezdeni.”<sup>870</sup>

A téma lezárásaként még egy elgondolkodtató adalék: a Port Arthurnál történetekről, azon belül a föld alatti aknaharcról a Regnum Marianum katolikus ifjúsági közösség kiadásában havonta megjelenő, 10–18 év közötti fiúknak szóló ifjúsági lap, a *Zászlónc* 1914-es számában olvashattak ténylegesen műszaki szakmai anyagot a korabeli olvasók.<sup>871</sup> Ebben a *Sungsusan elleni aknatámadásról* közöltek részleteket, két ábrával szemléltetve a japán aknatámadás végrehajtását és annak eredményét.

A *magyar haderő I. világháborút megelőző tényleges állapotáról, felkészültségéről* a világháborúban harcoló műszaki katonáknak emléket állító, 1938-ban megjelent könyvének bevezetőjében *Jacobi Ágost*<sup>872</sup> a következőket írta. „1917. december 15-én, a háború elég kritikus stádiumában, rossz és tájékozatlan tanácsadókra hallgatva, az utászokat és árkászokat úgy szervezték át, hogy egyesített árkász- (Sappeur) csapatot létesítettek. Eltekintve attól, hogy ezzel a céltalan, csak zavart és elkedvetlenedést okozó átszervezéssel a csapathagyományokat figyelmen kívül hagyták, sőt megsértették, egy olyan műszaki csapattípust állítottak fel, amelynek parancsnokát, mielőtt századával valami műszaki beosztást nyert, mindig meg kellett kérdezni: »mi voltál azelőtt, utász-e vagy

<sup>867</sup> Székely (1905): i. m. 444.

<sup>868</sup> A várharc elmélete és gyakorlata. *Magyar Katonai Közlöny*, 3. (1910), 1–6. 102–103. (Jahrbücher für die deutsche Armee und Marine októberi füzet alapján).

<sup>869</sup> A várharc elmélete és gyakorlata (1910): i. m. 103.

<sup>870</sup> A közei harc a várharcban. *Magyar Katonai Közlöny*, 3. (1910), 1–6. 107. (A *Kriegstechnische Zeitschrift* 8. füzet alapján).

<sup>871</sup> A várostrom művészete. *Zászlónc*, 1914. november 15. 59–61.

<sup>872</sup> Jacobi (1938): i. m.

árkász?» Hogy az utászok és árkászok egyesítésének ez a zseniális gondolata hová vezetett, azt az 1918-as Piave-átkelés mutatta ki, ahová olyan árkászszázadok kaptak beosztást, amelyeknek a víz egészen idegen elem volt. Az egységesítő átszervezés után az újonnan föllállított 60 árkász- (Sappeur) zászlóalj közül 24 nyert Magyarországról kiegészítést.”<sup>873</sup>

„Az olasz háború a magyar utászt az eddig neki ismeretlen sziklavilágba szelítette, ahol új feladatok vártak rá. Következett az állások sziklába való robbantásának, alagutaknak, kavernáknak és aknaharcoknak ideje. És megkezdődtek a harcok az örök hó birodalmában.

Tizenegy Isonzo-csatában több mint két éven át verejtékeztek, szenvedtek, ontották vérüket derék utászaik és árkászaik, de tudásuk és lankadatlan buzgalmuk bevehetlenné is varázsolta a gyalogosok által hőiesen védett állásokat. Görz, Oslavija, Doberdo, San Martino, Monte San Michele, Monte Sabotino, Tolmein, Krn stb. stb. mind olyan nevek, amelyek a műszaki csapatok kötelességtudásáról és hősiességéről tanúskodnak. És amíg az Isonzo-csatákban dúl a gigantikus küzdelem, addig a svájci határtól egészen az Isonzo felső folyásáig, égig érő havasok bércein tevékenykedett, alkotott a műszaki tudás, leleményesség, szorgalom és bátorság.”<sup>874</sup>

Az eddig leírtak azt támasztják alá, hogy *szervezetileg egyáltalán nem volt felkészülve a magyar hadsereg a világháborúban folytatandó aknaharcra*. A képet még jobban árnyalja, hogy az olasz hadszíntéren nemcsak az aknaharc, hanem – ahogy erről Jacobi írt – a sziklában lövészárkok, fedezékek, alagutak készítése is várt rájuk, és ehhez az esetek egy részében áson, csákányon, feszítővason kívül nem sok más eszköz állt rendelkezésükre.

A következőkben azt vizsgáljuk meg, hogy  *mennyire voltak felkészültek szakmailag és technikailag erre a gigászi feladatra a csapatok*.

A kép sajnos itt is elkeserítő. Az I. világháború kitörése előtt nem volt olyan katonai szabályzat, amely a föld és a sziklás közet robbantására felkészítette volna a műszaki katonákat. Az 1899-es *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához*, majd az ezt követő 1902-es *E.–23 Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és századutásai számára* egyáltalán nem foglalkozik ezzel a robbantási feladattal. Az 1915-ben megjelent német nyelvű *H–26 k. u. k. utasításból*<sup>875</sup> a tölcsérszámításokat teljesen kihagyták, és a 98. pontban egy táblázattal intézték el a földrobbantás tárgyalását. Az ugyancsak 1915-ös *E–39, b. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára – tervezet* című kiadványból megint teljesen kimaradt ez a kérdéskör. *A képzés terén* sem volt jobb a helyzet, ahogy ezt a m. kir. Honvéd Kerületi Tiszti Iskolák és a Honvéd Központi Lovas Iskola tiszti tanfolyama számára 1913-ban kiadott *tansegédlet*<sup>876</sup> is bizonyítja. *A világlítás*

<sup>873</sup> Jacobi (1938): i. m. 2.

<sup>874</sup> Jacobi (1938): i. m. 7.

<sup>875</sup> H–26. Technischer Unterricht für die k.u.k. Sappeur-Pionier truppe. Sprengvorschrift. Wien, Aus der Druckerei des k.u.k. Kriegsministeriums, 1915. (Műszaki utasítás a k.u.k. Sappeur-Pionier alakulat számára. Robbantási szabályok. Az utasításnak egy 1918-as, a jelzettel megegyező tartalmú utánnyomása is fellelhető a könyvtárakban.)

<sup>876</sup> Katonai műszak – 6. füzet. A világlítás és robbantásszak. Tansegédlet a m. kir. Honvéd Kerületi Tiszti Iskolák és a Honvéd Központi Lovas Iskola tiszti tanfolyama számára. Pallas, 1913.

és robbantásszak című kiadvány mindösszesen 40 oldalt szentel e két szakterületnek. „Ennek a munkának az a célja, hogy az említett két ismeretágból, a katonai szempontból legfontosabbat a csapattiszttel megismertesse. Az összeállítás Schirmer vezérkari alezredes tollából származik” – olvashatjuk a bevezetőben kiemelve, hogy a felhasznált forrásművek „a szakbeli szabályzatok” voltak. A robbantás szaknál ez a fent említett H-26 k. u. k. utasítás volt. Az anyag összesen 11 és fél oldalon (21–32.) foglalja össze a robbantással kapcsolatos „ismereteket”. A *Budapesti Hírlap* 1904-es, fent idézett haderőszerkezési problémáját igazolják a *Robbantásszak* bevezető gondolatai is. „A mozgó hadviselésben a közlekedő vonalak elrombolásának és megszakításának, továbbá a megérődített állások előterében alkalmazott akadályövek, aknamezők (szárazföldi torpedók) eltakarításának mindinkább növekvő jelentősége folytán a robbantó és gyújtóanyagok használata fokozott fontosságot nyert.” A bekezdés lábjegyzete azért a csapatok ezzel kapcsolatos lehetőségeit is behatárolta. „Bár a csapat utászosztag robbantó felszerelésével csakis olyan rombolásokra képes, amely az egyes töltéssel, avagy több egyes töltés meggyújtásával eszközölhető, mindazonáltal a forgalmat igen érzékenyen zavarhatja, sőt kedvező körülmények között műépítményeket is bedönthet. Az ilyen munka előfeltétele, hogy egyrészt a rendszeresített robbantó és gyújtószerkezet, másrészt pedig az építmények (hidak stb.) ama pontjait ismerjük, ahol a legerőteljesebb hatás érhető el. A sziklarobbantás (utak helyreállítása vagy elrombolás hegységben) szintén jelentőséggel bírhat.”<sup>877</sup>

A leírtak komolysága megkérdőjelezhető az anyag sziklarobbantásokról nyújtott ismeretei fényében. „Sziklarobbantások bevágások, alagutak s hasonlók építésénél vagy terméskő, kavicsszerzésre. Kézi fúrókkal vagy fúrógéppel sok kis lyukat fúrnak, melyeket a kőzet keménységéhez és a robbantás céljához képest puszkaporral vagy dynamittal (ekrazittal) töltenek meg, lefojtanak (agyaggal, földdel stb.) s lehetőleg egyszerre (kapcsolt akna) gyújtanak. Mindegyik lyukba többnyire külön angol gyújtózsineg<sup>878</sup> jó, dynamithoz robbantó gyutaccsal, puszkaporhoz a nélkül. A fúrott lyukak helyes mélységét, a töltés erősségét stb. célszerűbb néhány próbálövessel megállapítani. A lerobbantás után a követ kötő szerszámmal távolítják el. Kivételes esetekben, ha nagyobb sziklatömeget kell egyszerre lerobbantani, igen erős töltésű kamarákat is használnak.”<sup>879</sup> Összesen ennyit tartott fontosnak megismertetni a tisztí tanfolyam hallgatóival a kor katonai vezetése.

Jogosan vetődik fel a kérdés: hová lett az a tudás, pl. az aknaharc és az azt alapozó természettudományos tárgyak tekintetében, amelyről Bolyai János 1822-ben még tanult a bécsi Hadmérnöki Akadémián? Az elméleti ismeretek adottak voltak, hiszen *Schaffer Antal 1903-as civil robbantástechnikai kézikönyvében*<sup>880</sup> részletes útmutatást ad ezekre a robbantási feladatokra is. Korának kiemelkedő szakkönyvében olyan részeket találunk,

<sup>877</sup> Katonai műszak – 6. füzet (1913): i. m. 21.

<sup>878</sup> A Bickford által 1831-ben feltalált időzített gyújtózsineg, kb. 1 cm/s égési idővel. Ebből következően ez a robbantási módszer nem alkalmas tényleges föld- vagy kőzetrobbantásra, maximum egy-egy tölcser kirobbantására, például az úton való közlekedés akadályozására.

<sup>879</sup> Katonai műszak – 6. füzet (1913): i. m. 27.

<sup>880</sup> Schaffer (1903): i. m.

amelyeknek egy katonai szakkönyvbe történő adaptálása szintén segítséget nyújthatott volna az árkászcsoportoknak a világháború föld alatti aknaharcainak megvívásához:

- az V. fejezetben a „bányászati anyagtermelés különböző módjai”,<sup>881</sup>
- a VI. fejezetben „a fúró és robbantó munka részletes tárgyalása” (benne az ütő, a lökő és a forogva működő fúrók, a fúró és robbantó munka egyéb szerszámai és a különböző méretű aknák készítése kézzel és géppel),<sup>882</sup>
- az „Aknák hatása és alkalmazása” c. VIII. fejezetben a földrobbantás szabályai;<sup>883</sup>
- a IX. fejezetben külön foglalkozik csak a kőfúró gépekkel, bemutatva az akkor alkalmazott kézi, gépi és elektromos hajtású fúrógépek típusait, a légsűrítő gépeket és csővezetéseiket, valamint gyakorlati alkalmazásukat;<sup>884</sup>
- a X. fejezetben a „termés- és építőkövek fejtése”.<sup>885</sup>

Ehhez képest a m. kir. honvédelmi minisztérium annyit tett, hogy először 1916-ban két ideiglenes,<sup>886</sup> majd ezeket leváltva 1918-ban egy végleges *Az állásharc II. rész, Az aknaharc* című utasítást<sup>887</sup> jelentetett meg. Ráadásul ez is „a cs. és kir. hadsereg főparancsnokság Op. Nr. 5300. számú segédletének fordítása” volt, szigorúan kihangsúlyozva, hogy „Nem viendő el a legelső harcpontra!”.

Lássuk tehát, mi volt olyan kimondottan titkos ebben az összesen 60 oldalas műben. Ha a tartalomjegyzéket nézzük, akkor sokat várhatunk tőle:

- I. Az aknaharc alapelvei – általában; biztosítás aknatámadások ellen, aknavédelem; az aknatámadás; az aknaharc.
- II. Műszaki eljárás
  - Az aknarendszer berendezése.
  - A folyosók és kutak építése.
  - A kiemelt föld eltávolítása.
  - Szellőztetés.
  - Világítás.
  - A munka végrehajtása.
  - Fülelő szolgálat.
  - Egészségápolás, mentési szolgálat.
  - Az aknarendszer biztosítása gáztámadások ellen.
  - A robbantó töltet elhelyezése.
  - A munka megszervezése.

<sup>881</sup> Schaffer (1903): i. m. 115–125.

<sup>882</sup> Schaffer (1903): i. m. 125–154.

<sup>883</sup> Schaffer (1903): i. m. 168–184.

<sup>884</sup> Schaffer (1903): i. m. 185–220.

<sup>885</sup> Schaffer (1903): i. m. 221–237.

<sup>886</sup> A 10077/eln. 1. számmal, majd a 15433/eln. 1. számmal kiadott „Az aknaharc” című ideiglenes utasítás.

<sup>887</sup> *Az állásharc. II. rész. Az aknaharc.* Budapest, A m. kir. honvédelmi minisztérium kiadványa, 1918. (Kiadva a 22816/eln. 1–1917. rendelet alapján.)



A várakozás még teljesebb, ha a bevezetésben lévő sorokat olvassuk: „Ezen segédlet határozványai a háború alatt különböző harctereken szerzett tapasztalatokon épültek fel.”<sup>888</sup> Aztán a folytatás már kevesebb jót ígér: „Minden esetben megfelelő aknaelmélet nincs. A használatban levő képletek és táblázatok [hol vannak azok?] igen hosszú gyakorlatnak az eredményei és csakis tapasztalatok, kísérletek által tökéletesíthetők és az esetenként előforduló viszonyokra alkalmazhatók. Ez különösen a robbanótöltet erősségére vonatkozik, mely a talajnemtől függ. A robbanótöltet erősségét a harcterületen eszközölt próbarobbantások útján kell megállapítani, mert ez a töltet helyes kiszámításnak egyedüli alapja.”<sup>889</sup> Ehhez képest Schaffer több mint tíz évvel korábban már konkrét számításokat, munkaszervezést és végrehajtást tudott ezzel kapcsolatban leírni. Ez az utasítás azonban a továbbiakban sem nyújtott segítséget a harcterek poklában küzdő műszaki katonáknak. Az olyan kitételek, amelyek szerint: „Igyekeznünk kell, hogy saját robbantásainkkal az ellenséget megelőzzük, és hogy a harcterületet mindig jobban az ellenséges állás felé kiterjesszük. A saját robbantások rendkívül kedvező erkölcsi hatással vannak a csapatokra”<sup>890</sup> – nem sokban segítettek. Ugyanez mondható el a következőről: „Az aknamunkákkal csak akkor érjük el a kívánt eredményt, ha azokat a talajviszonyokra vonatkozó, lehetőleg tudományos adatok segítségével jól szervezzük, műszaki segédeszközökkel bőven ellátjuk és erélyesen vezettjük.”<sup>891</sup> Az aknaharc utasítás – sajnálatos módon – a továbbiakban is ezen a színvonalon ad „szakmai” iránymutatást. Az egyedüli szerencse, hogy a harctéri parancsnokok a következő – egyedül hasznos – útmutatást betartották: „Ajánlatos az árkászcsapatok erősítésére bányászokat és esetleg kőbányaaknázókat is minden fegyvernemből kirendelni. Emellett nem szabad azonban válogatás nélkül mindenféle bányamunkást vezényelni [?]. Csak azok jöhetnek számításba, kik tárnák és aknák építésében, furatok fúrásában, robbantóanyagok kezelésében és ácsmunkákban járatosak.”<sup>892</sup>

Nem volt jobb a helyzet a Jacobi által fent említett, sziklában kiépítendő lövész- és közlekedőárkok, fedezékek kérdésében sem. Az *1918 áprilisában* [!] kiadott *Állásépítés a Karsztban, magas- és erdős hegységben*<sup>893</sup> összesen 53 oldalt szentelt ennek a kérdésnek. Az aknaharc utasításhoz hasonlóan ez is „Titkos. Nem viendő el a legelső harcpontra” minősítéssel rendelkezett. Sajnos a szakmai színvonala is hasonló volt. Az I. fejezet 5. pontjában még bizakodva tekintünk a belső tartalomra, amikor ezt olvassuk: „Miután kizárt dolog, hogy a Karstban való állásépítéshez szükséges robbantó munkálatokat egyedül a műszaki csapatokkal végeztessük, kell hogy az árok megszálló

<sup>888</sup> *Az állásharc. II. rész* (1918): i. m. 5.

<sup>889</sup> *Az állásharc. II. rész* (1918): i. m. 7.

<sup>890</sup> *Az állásharc. II. rész* (1918): i. m. 14.

<sup>891</sup> *Az állásharc. II. rész* (1918): i. m. 15.

<sup>892</sup> *Az állásharc. II. rész* (1918): i. m. 6–7.

<sup>893</sup> A harcászattan fejezetei. Függelék „Az állásépítés” 1.a. jelzésű részéhez. Állásépítés a Karsztban, magas- és erdős hegységben. (A cs. kir. hadsereg-főparancsnokság zu Op. 53.000 számú segédletének fordítása), M. Kir. Honvédelmi Ministerium, 1918. április.

csapat is közreműködjük és iskoláztassák e munkában. Erre vonatkozó közelebbi adatokat a II. fejezet 38. pontja tartalmaz.”<sup>894</sup>

A hivatkozott pontot is szó szerint idézzük. „Miután teljesen kizárt dolog, hogy az állásban előforduló számos robbantó munkálatokat egyedül műszaki csapatokkal és minősített munkásokkal hajthassuk végre, ehhez a megszálló csapatot legnagyobb mérvben kell igénybe venni. A csapatoknak úgy a hegységben, mint a Karstban abban a helyzetben kell lenniök hogy mindenféle fúró és robbantó munkálatot maguk tudjanak eszközölni. Az ehhez szükséges ismeretek elsajátítása, a csapatkiképzésnek fontossága, melyet már a menet alakulásokkal kell betanítani. Minden zászlóalj részére 6—8 emberből álló, körülbelül 50 robbantó részleg szükséges.

Nagyon bevált az az eljárás, hogy a gyaloghadosztályok keretén belül a műszaki csapatoktól odavezényelt oktatók vezetése mellett a robbantó részlegek számára 8 napos tanfolyamokat tartottak. Lehetőleg arra kell törekednünk, hogy minden embert a fúró és robbantó munkálatokban kiképezzünk.”<sup>895</sup>

*A világháborúban történekről* aztán *Jacobi Ágost* könyvében olvashatunk beszámolókat a harcokban részt vevők tollából. Az 1916-os *Monte San Michele-i aknaharcok körülményeiről Nagy Andor utász őrnagy* ezt írta. „Fúrógépekkel ekkor még nem rendelkezünk, így az állások mélyítése és újabb kavernák építése nagyon keservesen haladt, bár ebben a gyalogság is tevékenyen részt vett. [...]

1916. március közepén [...] ezen a frontszakaszon az ellenaknak fúrása kezdetét vette. A munkálatokat a hadtesthez beosztott négy műszaki század kezdte meg. [...]

A sapeur századok nyolcórai váltással a nap 24 óráján keresztül dolgoztak. Keserves munka volt, kézi erővel, szűk helyen szikla utat előrefúrni magunknak. Aggasztóan lassúnak tűnt fel az előrejutás. [...]

A reggeli órák voltak a kritikusak, mert az olaszok, mint azt már megállapítottuk, csak nappal dolgoztak és ilyenkor dőlt el, hogy dolgoznak-e még, avagy már robbantásra készülődnek. Az olaszok ugyanis ahol minket észleltek, munkájuk kezdete előtt kopogtattak, s csak akkor folytatták a fúrást, ha visszakopogtunk. Válaszolni kellett, hiszen ezek a kopogások voltak a fő támaszaink az irányok és mélységek megállapításánál, mert semmiféle műszerünk nem volt.”<sup>896</sup>

*Az ugyancsak 1916-os St. Martino-i aknaharc körülményeiről Horny Ernő utász alezredes* tudósított. „Az ellenség már heteken keresztül dolgozott, az akkor legkorszerűbb fúrógépekkel és felszereléssel rendelkezett, tehát a várható aknaharc szempontjából – a század szerény felszerelését tekintetbe véve – lényegesen előnyösebb helyzetben volt. [...]. Minden aknafolyosóhoz egy tiszt és 6 árkász osztatott be, 12 órás felváltással. Felszerelésük fegyverzetén kívül csákány, lapát, gyalogsági ásó, kézi fúrófelszerelés, szalmapapucs és talicska. Az aknafolyosó fejevégen két aknász dolgozott, míg a többiek a futóárkokon keresztül a kitermelt anyagot szállították hátra. A kitermelt anyag

<sup>894</sup> Állásépítés a Karsztban, magas- és erdős hegységben (1918): i. m. 5.

<sup>895</sup> Állásépítés a Karsztban, magas- és erdős hegységben (1918): i. m. 25–26.

<sup>896</sup> Nagy Andor: *A Monte San Michele-i aknaharcok*. In Jacobi Ágost (szerk.): *Magyar Műszaki Parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest, Közlekedési Nyomda, 1938. 308–311.

elhelyezése és rejtése folyosónként kirendelt két-két árkász feladata volt. A II. aknafolyosóban a kötörmelékben csákánnyal és gyalogsági ásóval dolgoztunk és 24 óránként 2.50 m-t haladtunk előre, míg a többi folyosókon csak kézi fúrással és kőrobbantással 24 óránként kb. 0.50-1 m-t lehetett előrehaladni.”<sup>897</sup>

*A sziklafúró alakulatok helyzetéről* a háború kezdeti időszakában *Altóray Szaniszló* írásából értesülhetünk. „És ki gondolta volna, hogy sziklafúró csapatokra és gépi szerelvényekre is lesz valamikor szükségünk, ki gondolta volna, hogy több mint 30.000 ember és közel 500 kőfúró szerelvény töri majd a kemény sziklákat Flandriától a Szent Földig, a Kárpátoktól és Alpeseiktől a görög és albán tengerig, hogy életet jelentő óvóhelyeket teremtsen a hősieken küzdő gyalogos vitézeknek? [...]”

De különösen az olasz hadüzenet után a karsztos és sziklás terepen folyó háború szorgalmazta a kőfúró alakulatok minél gyorsabb megszervezését és felállítását. 1915-16 telén, az isonzói fronton már közel 100.000 kézi kőfúró készlet volt használatban. Kézi eszközökkel a munka mégis csak lassan haladt és igen fáradtságos volt és ezért mind hangosabb lett a front követelése gépi berendezések után. A harcoló gyalogos- és műszaki csapatok sürgető igényléseinek eleget téve alakult meg 1915 őszén Bécsben a műszaki katonai bizottság kötelékében a kőfúró tanoszttag, mely eredetileg 1 tényleges tisztből, 14 tartalékos tisztből, 4 mérnökből és kb. 140 fő legénységből állott. Ez az alakulat gyűjtötte össze a hátszág bányavidékein lévő és valahogy csak nélkülözhető, vagy gyárakban és kereskedőknél raktáron levő kőfúró célokra szerkesztett alkalmas gépeket, felállította a szintén sürgősen összetoborzott szakszemélyzettel (gépészek, bányászok stb.) az első kőfúró osztagokat, melyek 1916-ban kora tavasszal először érkeztek a frontra. [...]

Ez időben kb. 30 alakulat működött a fronton, illetve volt menetkészen, de ezzel szemben a front igénylése már a tízszeresére, azaz 300 alakulatra szólt. [...] A készlet gyorsan kifogyott gépekben is, mert a volt monarchiában alig volt gyár, amely ily gépek előállításával foglalkozott; kiderült az is, hogy a békebeli, bányauzemek részére készült nagy gépek a szállítási és felállítási nehézségek miatt a harctéren nem felelnek meg. Tehát könnyebb súlyú és a harctéri követelményeknek megfelelő gépeket kellett tervezni és azoknak tömeges gyártását a hátszágban megszervezni. [...] Felkutattuk a különleges szakembereket, kik a fronton, vagy valamely tengeralattjárón teljesítettek szolgálatot s a hadvezetőség megértő segítségével összegyűjtöttük őket. Megszerkesztettük az új, egyre tökéletesebb típusokat, kipróbáltuk azokat s megszerveztük az egységeket. Ezzel párhuzamosan megindult a kiképzés és a kiképzés anyagának összeállítása: leírások, tankönyvek, utasítások szerkesztése, továbbá kísérleti helyek és gyakorlóterek berendezése. A szakképzett személyzet pótlási forrása nemsokára elapadt, mivel sok volt a veszteség és a különböző bányáknak az eleinte besorozott törzsszemélyzetét vissza kellett adni, mert hiszen az érc- és szénbányászatra fontos és hatalmasan megnövekedett feladat hárult. Ezért új kőfúró szakembereket kellett kiképezni (gépészek, dinamókezelők, vágárok és robbantómesterek). A havi szükséglet kiképzett emberekben felszökik ezer főre.

<sup>897</sup> Horny Ernő: A komáromi 5/5. árkászszázad St. Martinói aknaharca. In Jacobi Ágost (szerk.): *Magyar Műszaki Parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest, Közlekedési Nyomda, 1938. 256–257.

Csaknem naponta mennek újonnan felállított alakulatok, állandóan érkeznek összelőtt szakaszok maradványai és hosszú sorai az elromlott, elhasznált gépeknek. [...]

A műszaki tisztnek mindenhez kellett érteni. Altiszteknek és legénységnek (robbantómester, bányaaács, vájár, gépész és dinamókezelő) tudniuk kellett egymás mellett és egymással összhangban dolgozni, nappal és éjjel egyaránt. A gépeket kifogástalanul kellett kezelni, hogy azok minden körülmények között jól és megbízhatóan működjenek. Háborús anyagból készültek és háborús volt az üzemanyag is. A pót- és tartalék alkatrészek csak a legszükségesebb mértékben álltak rendelkezésre, a javítóműhelyek igen messze estek a munkahelyektől, javításokat pedig nem a gyakorlott géplakatos és szerelő, hanem az egyszerű gépész és szerkovács tábori kohó mellett, tábori eszközökkel végezte.”<sup>898</sup>

Ezek után válnak igazán érthetővé Jacobi fentebbi gondolatai, amelyekben a „műszaki tudás, leleményesség, szorgalom és bátorság” kapta a legnagyobb szerepet a háború során. A háborúban történtek feletti keserűséget csak fokozza, ha a föld- és sziklarobbanással kapcsolatos katonai ismeretek terén tőlünk nyugatabbra tekintünk. A *francia hadmérnökök* korabeli munkásságát már fentebb bemutattuk. Az *Amerikai Egyesült Államokban egy 1867-ben* megjelent szakkönyv<sup>899</sup> 284 oldalon mutatta be a tábori erődítés, a várostrom és az aknaharc katonai-műszaki kérdéseit. Ezen belül négy fejezetet (53 oldalt) szentelt az aknaharcnak, és az elméleti ismereteken kívül megtörtént ostromok elemzését is bemutatta, közöttük Szevasztopol 1854–55-ös ostromának aknaharcát. Az ugyancsak amerikai *West Point Katonai Akadémián* egy 1894-es kiadású, az ábramelléklettel együtt 232 oldalas könyvből tanultak a tisztjelöltek a megerősített helyek ostromáról.<sup>900</sup> A kiadvány második része a katonai robbantásokkal és a föld alatti aknaharcra foglalkozik, amelyben közel 70 oldalon keresztül tárgyalja a robbanásfizikai alapoktól a töltetek számításán, az aknakamrák kialakításán, töltésén, fojtásán és iniciálásán keresztül egészen a föld alatti járatok megfelelő szellőztetésének lehetséges módszeréig terjedő ismereteket. Ugyancsak tartalmazza a támadásban és a védelemben alkalmazható aknaharc szervezésének harcászati kérdéseit. Az utolsó fejezetben a különböző építmények (épületek és falak, hidak), az utak és vasutak, alagutak és csatornazsilipek robbantásának szabályairól olvashatunk.

*Angliában* is hasonló katonai tankönyvekkel találkozunk a 19. század végén. A *Woolwichben* székelő, 1741-ben alapított *Tüzér és Műszaki Tiszti Akadémián* 1886-ban megjelent *Erődítés* könyvben<sup>901</sup> 30 oldal foglalkozik az aknaharc elméletével és gyakorlatával.

<sup>898</sup> Altóray Szaniszló: Sziklafúró alakulatok a világháborúban. In Jacobi Ágost (szerk.): *Magyar Műszaki Parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest, Közlekedési Nyomda, 1938. 325–330.

<sup>899</sup> Dennis Hart Mahan: *An Elementary Course of Military Engineering. Part I. Compressing Field Fortification, Military Mining and Siege Operations*. New York, John Wiley & Sons, 1867.

<sup>900</sup> James Mercur: *Attack of Fortified Places – Siege-Works, Mining and Demolitions. Prepared for the use of the Cadets of the United States Military Academy*. New York, John Wiley & Sons, 1894.

<sup>901</sup> *Textbook of Fortification and Military Engineering, for use at The Royal Military Academy*. Part II. Chapter VII. Military Mining. Woolwich, 1886. 117–147.

*A sandhursti Royal Military College 1852-es, erődítéssel és erődharccal foglalkozó kiadványában*<sup>902</sup> „csak” 12 oldalt találunk kimondottan az aknaharcról.

A bemutatott amerikai és angol katonai akadémiai tankönyvekkel szemben a *Brunner Mór* cs. k. hadmérnökkari százados által a cs. kir. katonai-akadémiák és hadapródiskolák számára írt, Reviczky Károly által magyarra fordított *1874-es, A Várharczhoz*<sup>903</sup> című kiadványban a III. Az aknaharcz fejezet összesen 3 oldalt szentel a problémának, és ebben benne foglaltatnak a támadásban és a védelemben alkalmazandó ismeretek.

Az általunk leírtakat mintegy alátámasztják Ferjentsik Ottó vezérkari testületi ezredes 1921-ben megjelent cikkének<sup>904</sup> bevezető sorai. „Az elmúlt világháború legnagyobb részét állásharcban töltöttük. Feltételezhetnék, hogy az állásharcra vonatkozó elvek meghonosodtak hadseregünkben és hogy az ebbeli nézetek mind egyformák. Ez, sajnos, nem így van. Ennek az oka abban rejlik, hogy a volt hadsereg főparancsnokság nagyon későn adta ki az állásharcra vonatkozó szabályzatait, hogy ezek a nyugati harcszintér tapasztalatain felépült német szabályzatnak úgyszólván csak a másolatai voltak és így a mi különleges harcszintereinkre nem is voltak egészen alkalmazhatók és végre, legyünk őszinték, hogy ezeknek a szabályzatoknak a tanulmányozásával nem is igen foglalkoztunk. Inkább megtartottuk a saját tapasztalatainkon alapuló és a különféle harcszintér jellegéhez szabott hadiszokásainkat. Akinek alkalma volt a háború utolsó hónapjaiban a különféle harcszintereken egyes hadosztályokat megtekinteni, nagy megdöbbenéssel észlelhette, hogy tulajdonképpen minden hadszintéren, minden hadtestnél, hadosztálynál, sőt minden ezrednél is más-más nézetek uralkodtak. Az állásharcra vonatkozó alapelvek tisztázása tehát minden esetre szükségesnek látszik.”<sup>905</sup>

*Az I. világháborút lezáró békeszerződés* a magyar hadseregre bénító hatású volt. Igaz volt ez a műszaki csapatokra is. Egy *1939-es* újságközleményből viszont legalább az kiderül, hogy az I. világháborúban történtek után újragondolták a műszaki csapatok helyét, szerepét a haderőben. „Bár a műszaki csapatokat a segéd-fegyvernemek közé szokás számítani, ők jelentik különleges szakképzettségüknél fogva a hadsereg legértékesebb részét. Mivel nehezen pótolhatók, csak végszükség esetén szabad őket harcra alkalmazni. [...] 1918-ban az utászok eltűntek, illetve átalakultak árkászokká.”<sup>906</sup>

Az önálló hadseregben a katonai robbantástechnika is hatalmas változáson ment át. A korábbiakban kifogásoltuk az I. világháború aknaharcaiba küldött katonák megfelelő szabályzatokkal történő ellátottságának hiányát. Ennek mintegy önkritikájának is tekinthető az *1927-ben, a Műszaki Szemlében* olvasható, Nagy Gábor által írt *Központosított aknák hatásának számítása tölcserképzés esetében és az aknaharcban* című

<sup>902</sup> *Outlines of a Course of Lectures on Fortification, Military Tactics, and Perspective; with Attack and Defence of Fortresses, for use of the Students in the Royal Military College.* Sandhurst, 1852. Chapter V. Military Mining. 128–140.

<sup>903</sup> Brunner Mór: *A várharcz.* A m. kir. honvédelmi minisztérium által a m. kir. honvédség használatára elfogadott tankönyv. Ford. Reviczky Károly. Második, javított kiadás. Budapest, Ráth Mór, 1874.

<sup>904</sup> Ferjentsik Ottó: Az állásharc. *Magyar Katonai Közlöny*, 9. (1921), 7–8. 525–534.

<sup>905</sup> Ferjentsik (1921): i.m. 525.

<sup>906</sup> Korszerű műszaki csapatok. *Új Magyarág*, 1939. június 18. 13.

háromrészes tanulmány.<sup>907</sup> Egyetlen apró hibája talán az, hogy kb. tíz évet késett, mivel a felhasznált forrásmunka Johann Jelen őrnagy, k.u.k utásztiszt 1917-ben Bécsben megjelent német nyelvű tanulmánya volt.<sup>908</sup> Ebben végre tudományos igényű számítások találhatók az alábbi témákban:

- Központosított zárt aknák hatása talajban és a régi robbantási képlet.
- Az új központosított aknák számítási képletének összefüggése a régi képlettel.
- Tölcsérek robbantásának célja.
- Gazdaságos tölcsérek robbantásának számítása általában és példákon bemutatva.
- Kényszerítő körülmények között robbantott kevésbé gazdaságos tölcsérek robbantásának számítása általában és példákon bemutatva.
- Aknák hatásának számítása aknafolyosókra.
- Aknák hatásának becslése aknafolyosókra.
- A robbantandó közeg szilárdsági tényezőjének megállapítása próbarobbantással.

Az anyagban foglalt ismeretek aztán megjelentek az *1928-as E.–34 Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára – Robbantások I. rész*<sup>909</sup> szabályzatban is. Ezt az aknaharc megszervezésére és gyakorlati végrehajtására vonatkozóan egy hasonlóan színvonalas szabályzat követte 1929-ben.<sup>910</sup>

A várakozásokkal szemben azonban az *aknaharc már nem játszott fontos szerepet a II. világháborúban*. Ennek okairól például Bocsánczy Kálmán 1944-es cikkében<sup>911</sup> olvashatunk.

„A folyó világháborúban az állandó erődök, erődrendszerek elleni harc egészen új formájában mutatkozott be, legyőzve a legyőzhetetlennek vélt Maginot- és Sztalin-vonalat, Szebasztopolt és Sztalingrádot, valamint sok más acél-, kő- és betonkolosszust.”<sup>912</sup>

„Az állandó erődrendszereket a jelenlegi világháborút megelőző békeévekben »bevehetetleneknek« minősítették. Az erődök úgy voltak méretezve, hogy még a legnagyobb méretű tüzérségi lövedéknek, vagy repülőbombának is ellent tudtak állani. A leghatalmasabb hatású harceszköz is »belecsorbult« a kiválóan edzett acélba vagy a hatalmasan méretezett vasbeton falba. És mégis mindenütt győzedelmeskedett a támadó. Csak az erődharcot kellett megfelelően átállítani, alkalmazkodni az új helyzethez. A hatalmas erődök minden nagyhatású fegyver ellen méretezve voltak, csak éppen a 4-6 kg

<sup>907</sup> Nagy Gábor: Központosított aknák hatásának számítása tölcsérképzés esetében és az aknaharcban I. *Műszaki Szemle*, 3. (1927a), 1. 14–20.; II. *Műszaki Szemle*, 3. (1927b), 2. 51–59.; III. *Műszaki Szemle*, 3. (1927c), 3. 99–107.

<sup>908</sup> Johann Jelen: *Geballte Ladungen in Erde. Sonderabdruck aus den „Mitteilungen der Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens“*. (Koncentrált töltések a földben. Nyomatás a Mitteilungen der Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens című kiadványból). Wien, Druck-u.Komm.-Vlg. Waldheim-Eberle AG., 1917.

<sup>909</sup> *E.–34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. füzet – Robbantások I. rész*. Budapest, M. Kir. Honvédelmi Minisztérium, 1928.

<sup>910</sup> *E.–34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. füzet – Robbantások II. rész + Mellékletek*. Budapest, M. Kir. Honvédelmi Minisztérium, 1928–1929.

<sup>911</sup> Bocsánczy Kálmán: Az erődharc fejlődése. *Magyar Katonai Szemle*, 14. (1944), 3. 327–338.

<sup>912</sup> Bocsánczy (1944): i. m. 327.



robbanótöltettel szökellő, kúszó, mászó, bátor harcossal szemben nem. A korszerű erőd-harc az erődrendszerek e gyenge pontját fogja meg, és erre alapozza támadási eljárását. A támadást hatalmas tüzérségi tűz és repülőbombázás vezeti be, de nem főcélja az erődök szétrombolása. Megelégszik az erődök »puhításával« és egyik feladatának tekinti az erődök körüli terep előkészítését (gránátölcsérek szakítása) a »rohamcsapat« számára. Az erődök harcon kívül helyezése a rohamcsapat, az ember feladata. A korszerű erődharcban minden tűzfegyver csak azért van beállítva, hogy az ellenséges erődök vakítása, zavarása által az erőd közelébe segítse a rombolást végző csekélyszámú, de kiválóan kiképzett rohamegységet.

A korszerű erődharc győzött. A bevehetetlennek kikiáltott Maginot vonal egyik leg-hatalmasabb erődjét, az 505-ös sarokerődöt, német rohamutászok két halott veszteséggel bevették, a leghatalmasabb belga erődöt 70 fő rohamutász számottevő veszteség nélkül leküzdötte és megvívta a rohamcsapatok Szevasztopotl és Sztálingrádot is. Az állandó erődítés és az erődharc egymás elleni fejlődésharcából ismét az erődharc, a támadás került ki győzedelmesen.”<sup>913</sup>

Ha a fentiekben bíráltuk az I. világháború előtti magyar katonai vezetést a műszaki csapatok felszerelésének és felkészítésének hiányosságai miatt, akkor itt arról kell beszámolnunk, hogy időben reagáltak az erődharc terén jelentkező új kihívásokra. Kiss Gábor Ferenc 2007-ben megjelent írásában foglalta össze a Magyar Királyi Honvédségben ebben az időben folytatott *rohamkiképzést*.<sup>914</sup> „1938 márciusától, a győri hadsereg fejlesztési program meghirdetésétől, illetve a magyar haderőreform (Huba) kidolgozásától kezdve számos új fegyvernem bevezetése váratott magára. Az új fegyvernemek fejlesztése során, az igények és szükségletek meghatározásakor számításba veendő szempontok között szerepeltek a nemzetközi – főként német – haderő-fejlesztési irányzatok, illetve a számításba vehető ellenséges államok hadseregeinek, védelmi rendszerének jellemzői. Ez azt jelentette, hogy a modern fegyvernemek – páncélosok, légierő – mellett tervbe vették a katonai célok megvalósításhoz szükséges speciális egységek megalakítását is. A második világháború kitörése után lehetőség nyílt az elméletek kipróbálására. Ez nemcsak a látványosabb páncélos- és légierőkre vagy ejtőernyős csapatokra igaz, hanem az újonnan – újra – felállított rohamutász- illetve rohamcsapatokra is. Mint offenzív hadműveleteket folytató haderő, a német hadsereg ismerte fel, hogy az erődítések elleni harcnak van hatékonyabb és gyorsabb módja, mint a hatalmas erők bevetésével lefolytatott tömegtámadás. Az erődök, megerősített állások leküzdésére hivatott speciális alakulatok nem újdonságként jelentek meg. Az első világháború állásharcaiból az egyik kiutat az elit jellegű rohamcsapatok bevetése jelentette. Ebben úttörő szerepet játszott a német hadsereg, s hamarosan az osztrák-magyar haderő is alkalmazta ezen alakulatokat. Ez azt jelenti, hogy a magyar honvédség számára nem volt ismeretlen

<sup>913</sup> Bocsánczy (1944): i. m. 338.

<sup>914</sup> Kiss Gábor Ferenc: Rohamkiképzés a Magyar Királyi Honvédségben 1938–1941. In Balog Éva – Döbör András – Jancsák Csaba – Kiss Gábor Ferenc – Nyulassy Ágnes – Zakar Péter: *Dixit et salvavi animam meam: Tanulmányok a 65 éves Szegfű László tiszteletére*. Szeged, Belvedere Meridionale, 2007. 357–368.

a rohamcsapatok eszméje.”<sup>915</sup> A tervezett rohamcsapatokon belül megjelent a műszaki csapatoknál az új harcos műszaki katona, a rohamutász. „A rohamcsapatok felállítására vonatkozó kísérletek Várpalotán folytak, ahol a honvédség komoly kiképzőbázissal rendelkezett a gyalogság és tüzérség számára. Itt állomásozott az elit alakulatnak számító 201. gyalogos tanzászlóalj, amely az ilyesfajta kísérletek egyik bázisául szolgált. A 2. hadsereg parancsnokság feladatául tették, hogy a gyalogsági gyakorló és kiképzőtábor keretén belül felállított rohamtanfolyam felhasználásával kísérletezze ki az erődök elleni támadási módokat és elveket. Az erről szóló tanulmányt a hadsereg be is terjesztette a vezérkarhoz. [...] A gyakorlatok tapasztalatai alapján összeállítottak egy ideiglenes segédletet a rohamegységek kiképzésére. A segédlet szerint a rohamcsoport egységeit nem lehet rögtönözni, már a békekiképzés során meg kell őket alakítani.”<sup>916</sup> A tanulmányban foglaltakat ezekkel a gondolatokkal zárta a szerző: „Megállapítható, hogy a honvédség és annak vezetése felismerte a lehetséges katonai kihívásokat. Ez azonban kevésnek bizonyult, mivel azokra a meglévő erőforrások korlátozott volta miatt képtelen volt hatékony választ adni. A hadtudomány újításai – páncélosok, légierő, ejtőernyősök stb. – nem kerültek el a kor magyar hadseregét, de az azokra tett hatékony válaszlépések elmaradtak vagy nem teljesen kerültek megvalósításra. Ez a sors jutott a tervezett magyar rohamcsoportoknak is. A megindult elméleti és gyakorlati munkát 1940 nyarán felfüggesztették.”<sup>917</sup>

A tanulmány befejező soraiban jelzett 1940-es dátumoz képest a *Nemzeti Köszölgélati Egyetem Köszölgélati Tudásportál* archív katonai szabályzatait feldolgozó oldalán három, 1942-ben kiadott szakanyag is található a rohamcsapatok kiképzésére vonatkozóan. A m. kir. honvédelmi minisztérium egy *Kiképzési segédletet* adott ki.<sup>918</sup> Ennek előszavában a kiadvány céljaként ezt írták. „A műszaki roham, az erődrendszerek megtámadásának egyik legfontosabb részcsелеkménye. A segédlet célja, hogy az erőd leküzdését végző műszaki rohamegységek és csatárok működésének alapelveit, a harceljárás szabályait, a kiképzés irányelveit és módszereit meghatározza.”<sup>919</sup> Az erődharc megvívásáról szóló alfejezetben rögzíti az ebben közreműködő műszaki csapatok helyét és szerepét. „Erődrendszerek megtámadásának súlya a műszaki csapatokon nyugszik. A műszaki csapatok képezik a réstörő műszaki harccsoportok zömét és az első támadó lépcsőket. [...] Az erődök faja, telepítésének módja és a térközállások kiépítettsége szabják meg a réstörő műszaki erők nagyságát, megerősítésének mérvét és részleteit.”<sup>920</sup> Ugyancsak intézkedik a kijelölt alegységek felkészítéséről is. „Ha idő bőven áll rendelkezésünkre, akkor adjunk módot – legalább a műszaki réstörő harccsoportoknak – arra, hogy az ellenségtől távol – a támadási területhez hasonlóan berendezett gyakorlótéren – a roham részleteit

<sup>915</sup> Kiss (2007): i. m. 358–359.

<sup>916</sup> Kiss (2007): i. m. 365.

<sup>917</sup> Kiss (2007): i. m. 366–367.

<sup>918</sup> *Műszaki erődharc I. füzet – Kiképzési segédlet*. Budapest, A m. kir. honvédelmi minisztérium kiadványa – Attila-nyomda Részvénytársaság, 1942.

<sup>919</sup> *Műszaki erődharc I.* (1942): i. m. 5.

<sup>920</sup> *Műszaki erődharc I.* (1942): i. m. 19.

beszélykolhassák.”<sup>921</sup> A robbantáskiképzésről az alábbiak szerint rendelkezik a segédlet: „A robbantás a rohamkiképzés egyik legfontosabb kiképzési ágazata. Létesítsünk ezért lehetőleg külön robbantó gyakorlóteret az ábrák szerint, hogy ott az egyszerűbb robbantási feladatokat több csoportban sulykolhassuk. [...] Ezzel kiképzéssel párhuzamosan végezzük a szoktató robbantást az alábbi irányelvek szerint: A robbantási feladatok megoldásához szükséges, hogy a honvéd kiválasztása, már e szempont betartásával történjék. Annyi erős idegzetű embert nem találunk, amennyi e feladatok megoldásához szükséges, ezért a gyengébb idegzetű honvédeket szoktatással kell megedzeni az erődharc idegölő zajával szemben, nehogy az őt – a teljes figyelmet megkövetelő – harci tevékenységének végrehajtásában befolyásolja. Az ember ezenfelül idegenkedik is robbantások végrehajtásától, de csak addig, amíg sok gyakorlat, vagyis megszokás után rá nem jön arra, hogy szervezete – a szabályok betartása és kellő fedezés mellett – nagy töltetek robbantását egész közléről is, könnyen elviseli. A biztonság elérése után viszont minden csatár olyan kedvet kap a robbantások végrehajtására, mely nála a robbantásokkal járó feladatok megoldását kívánatossá teszi. [...] Ne mulasszuk el a robbantásnál előírt rendszabályok betartását (orvos kirendelése, biztonsági örök stb.).”<sup>922</sup>

A kiadvány végén a robbantó gyakorlóter berendezését is meghatározza, ábrákkal segítve azt. Összességében egy közel százoldalas korrekt kiadvány készült az erődök rohamcsapatokkal történő megtámadása végrehajtásának elméleti és gyakorlati kérdéseiről.

Ugyancsak 1942-ben jelent meg a *IV. honvéd hadtestparancsnokság kiadásában egy segédlet a rohamcsapatok kiképzéséről*, amelyben már – akár az egyes harcosig terjedő részletességgel – szabályozza a végrehajtandó feladatokat.<sup>923</sup> Az anyag végén öt mellékletet találunk, amelyekben – többek között – példákat mutat be a rohamjárőr és a rohamosztag szervezésére és felszerelésére, a rohamlőtér, a robbantó és kézigránát-dobó pálya berendezésére és egy zászlóalj ostromfelszerelésének anyagára.

A Kiss Gábor Ferenc által írt cikkben szereplő várpalotai kiképzőbázison Keményfy Zoltán alezredes írt egy *segédletet* ugyancsak 1942-ben a rohamcsapat-kiképzésről, az alosztályparancsnokok számára.<sup>924</sup> Ebben még részletesebben olvashatunk a rohamcsapatok szervezetéről, felszereléséről és feladatairól. Jellemző például, hogy a „gránátos-csoportnál” külön kitér a jobbkezes közel- és távdobó, valamint a balkezes közel- és távdobó felszerelésére.

Összességében tehát azt látjuk, hogy a II. világháborúban erődharcot folytató katonák a kor követelményeinek megfelelő, alapos kiképzést kaptak, ahol a honvédelmi minisztérium által meghatározott feladatokat tovább bontották hadtest, illetve a közvetlen kiképzést végrehajtó alegység szintjére. A Kiss Gábor Ferenc által említett 1940-es

<sup>921</sup> *Műszaki erődharc I.* (1942): i. m. 23–25.

<sup>922</sup> *Műszaki erődharc I.* (1942): i. m. 67–68.

<sup>923</sup> *Segédlet a rohamcsapatok kiképzéséhez* (Bizalmas! Első vonalba nem vihető), M. I. kik. 1942. 6000 szám. M. kir. IV. honv. hdt. pság, 1942.

<sup>924</sup> Keményfy Zoltán: *Rohamcsapat kiképzés – Segédlet az alosztályparancsnokok számára*. Kézirat. Várpalota, Honvéd Gyalogsági Kiképzőtábor parancsnokság, 1942.

feladatfelfüggesztés és az 1942-ben ténylegesen megjelent katonai szabályozók közötti ellentmondás feloldását nem tekintjük e kiadvány feladatának.

Az alfejezet végén még négy, a föld- és sziklarobbantással kapcsolatos cikket mutatunk be a *Műszaki Szemléből*.<sup>925</sup>

A lap 1926. évi 4. számában két rövidhír jelent meg. Az első *A szász űrlövés, mint új, előnyös robbantási mód* címmel<sup>926</sup> a robbantólyukak fojtás nélküli robbantását mutatja be. Ilyenkor a lyukba (a töltet fölé) nem került fojtás, azt a föld felszínén, a letakart lyukra rakott kartonpapírra szórták „néhány maroknyitól egy vödörig, a robbanószer mennyisége szerint”. A szerző szerint a biztonság fokozása mellett a módszer segítségével kb. 1/3-nyi robbanóanyag megtakarítását is eredményezheti ez az eljárás.

A második közlemény egy *norvég vasércbányában 1925-ben végrehajtott hatalmas külszíni robbantásról* tudósít.<sup>927</sup> Egy 37 m magas, 70 m hosszú és 40 m széles sziklatömböt akartak egyetlen robbantással leomlasztani. Három és fél hónapon keresztül dolgoztak a robbantás előkészítésén, melynek során összesen 357 m hosszúságú alagutat vájtak a sziklába. Összesen 57 aknát töltöttek meg robbanóanyaggal, amelyből a legnagyobb töltet tömege 2300 kg volt. Összesen 47 300 kg biztonsági robbanóanyagot és 1700 kg dinamitot használtak fel, amellyel mintegy 350 000 tonna ércet lazítottak meg. A robbantás méreteinek érzékeltetéséül a cikkben arról olvashatunk, hogy ez a kőzetmennyiség 35 ezer vagonot töltene meg, amelyek egymáshoz kapcsolva 300 km hosszú szerelvényt képeznének. Ez a robbantás nem számított különlegesnek, mert – ahogy a cikk erről tudósít – „az előző évben is volt egy, melynél 30.000 kg biztonsági robbanószert, 7000 kg dinamitot használtak fel és 210.000 tonna ércet nyertek. Rendesen 50.000-150.000 tonnát eredményező robbantásokat végeznek.”<sup>928</sup>

1929-ben dr. Alfred Stettbachernek<sup>929</sup> egy német folyóiratban megjelent cikksorozatának fordítását jelentette meg a lap *A robbanószerszakma 1924-től 1928-ig* címmel. A 2. közleményben<sup>930</sup> egyebek között a robbantások szeizmikus hatásával is foglalkozik. A robbanási rezgésekről az alábbiakat olvashatjuk. „1924 május 15-én Limeges mellett, a La Courtine mezőn, 10 tonna melinitet robbantottak a hatás vizsgálatának céljából. 400 m magasságig csapott föl a gomba alakú koromfekete füstfelhő, 6 m mély és 20 m átmérőjű tölcser keletkezett. Függélyesen a földbe dugott vassínek darabokban hevertek 20-30 m távolságban. Ellenben 60 m-nyire a robbanás fészektől alig volt észrevehető a hatás a földön. Bizonyosság ez arra nézve, hogy mily gyorsan csökken a robbanási nyomás kifelé és mily túlzott nagy általában a félelem az igen nagy bombáktól. Természetesen

<sup>925</sup> A fordítások Ty. aláírással jelentek meg a lap főszerkesztőjének, Turcsányi Gyulának a tollából.

<sup>926</sup> Ty.: A szász űrlövés, mint új, előnyös robbantási mód, *Műszaki Szemle*, 2. (1926b), 4. 223–224.

<sup>927</sup> Ty.: 350.000 tonna érc egy robbantással. *Műszaki Szemle*, 2. (1926a), 4. 224–225.

<sup>928</sup> Ty. (1926a): i. m. 225.

<sup>929</sup> Alfred Stettbacher (1888–1961) svájci robbanóanyag-mérnök, a Schweizerische Chemiker Zeitung társ-szerkesztője. A genfi egyetemen szerzett természettudományi doktori címet. Kezdetben a robbanóanyag-iparban dolgozott Németország különböző helyein. Az 1916-ban feltalált nitropenta robbanóanyagának hatóereje akkoriban a legmagasabb volt.

<sup>930</sup> Stettbacher (1929b): i. m. 433–436.

más a helyzet, ha a robbanószer erős falak közé van bezárva, melyeknek darabjai, mint lövedékek nagy távolságra repülhetnek.

Különleges árkokban, a robbanás fészktől 20-50 m-nyire elhelyezett kutyák sérülés nélkül túléltek a robbanást. A hang és rázkódtatás sem terjedt nagyon messzire. 85 km távolságra, egy kedvező magaslaton álló ügyelők egyike sem hallotta a robbanást. Ez annál csodálatosabb, mert néhány kg-nyi dynamittöltetekkel az ú.n. seizmovibrográffal a föld kérgét vizsgálni lehet annak olaj, só vagy érc tartalmára, a hullámok különböző terjedéséből következtetvén. Itt azonban csak néhány km-ről van mindig szó. [...] E. H. Rockwell a General Crush Stone Co. megbízásából vizsgálta az aknarobbanások rázkódtatásának nagyságát és hatását a földrengéséhez viszonyítva. Főműszere egy különleges szerkezetű háromtényezős, vibrációs készülék, melynek feljegyzései a seizmográféval közvetlenül összehasonlíthatók. Úgy találta, hogy földrázkódtatások csak 1000 kg-nál nagyobb dynamittöltetek robbantása útján keletkeznek. A terjedési hullámokat a robbanás fészktől 700-1000 m-re lehet észrevenni. A készülék által felvett rázkódtatások 1-2 mp-ig tartanak és másodpercenként 10-15 hullám keletkezik. A berlini Chemisch-technische Reichsanstalt különleges membránkészülékkel nyomásméréseket végzett a robbanásnál fellépő légnyomások megállapítása céljából. Eredmény 1000 kg robbanószer robbanásánál: a lökéshullám maximuma 500 m-re 0.040 kg/cm<sup>2</sup>, 1000 m-re 0.019 kg/cm<sup>2</sup>, 2000 m-re 0.012 kg/cm<sup>2</sup>. Könnyen érthető szavakkal ez annyit jelent, hogy 1000 kg-os bomba robbanása 500 m távolságra már legfeljebb csak az ablakokat nyomja be. Justrow számítása szerint 50 m távolságra lépne fel 3 kg/cm<sup>2</sup> nyomás, mely egy nagy függélyes felületű téglafalat ledönthetne.”<sup>931</sup>

A cikksorozat 5., *befejező részében*<sup>932</sup> – többek között – a *robbanóanyag-töltetek fojtásáról* ír a szerző. Ezzel kapcsolatban foglalkozik a fent már bemutatott „ürlövessel” is. „Veleje a módszernek az, hogy a robbantólyuk megtöltésénél a robbanószer és a fojtás között bizonyos nagyságú üreget hagynak, mely a robbanószer brizáns hatását lecsökkenti. Az eljárás előnye a nagyobb darabokon kívül a néha 5%-ot is elérő robbanószer megtakarítás. Bár az eljárást itt-ott már régebben is alkalmazták, tervszerűen mégis Kruskopf Herman dolgozta ki és egybekötötte a bányalég- és szénporrobbanást megakadályozó módszerrel.”<sup>933</sup>

Ugyancsak olvashatunk a töltetek különböző anyaggal történő fojtása terén végzett kísérletekről. A következtetések az alábbiak voltak:

- a szilárd agyagfojtás biztosítja a robbanószer legjobb erő kifejtését;
- homok- és kőporfojtásnál [...] mindegy az, hogy a fojtást lazán töltik bele a robbantólyukba, vagy pedig cső alakú töltényben;
- hibás a laza fojtások használata olyan robbanószerkeznél, melyeknek erő kifejtése vagy hevéssége kicsiny;
- ezzel ellentétben a szilárd fojtás csak arra jó, hogy a robbanószer teljes erő kifejtését, tehát a gázok ürlőhatását előidézze;

<sup>931</sup> Stettbacher (1929b): i. m. 435–436.

<sup>932</sup> Stettbacher (1930b): i. m. 210–225.

<sup>933</sup> Stettbacher (1930b): i. m. 219.

- a robbanás gázainak toló hatását inkább a laza fojtás vagy a robbanószer és szilárd fojtás közé beiktatott üreg biztosítja.<sup>934</sup>

„Meyer egy új eljárást ír le, melynél fojtásul vízzel töltött töltényeket használnak. Loeser pedig a robbantótöltetet vízzel töltött bádoghengerben detonáltatja.”<sup>935</sup>

A cikkben adatokat találhatunk *egyres országok – elsősorban bányászati célú – robbanóanyag-felhasználásáról* is. „Jellemző adat, hogy az Egyesült Államokban évente több mint egy milliárd tonna követ, ércet és más anyagot fejtenek vagy mozgatnak robbantószerekkel. Ipari célokra eddig felhasznált legnagyobb robbantó tölteteket 1925. március 23-án használták a chilei rézbányákban, még pedig 400.000 kg robbanó anyagot.

Egyes államok évi robbanóanyag szükséglete: csak kevés államban hoznak ily tárgyú statisztikai adatokat nyilvánosságra, azokat sem csoportosítják úgy, ahogy az összehasonlításra alkalmas lenne. Németországban csodálatos képen teljesen hiányzik ilyen összeállítás. Svédországban a királyi kereskedelmi kollégium dolgozott ki hivatalos statisztikát, melyből néhány adat szolgáljon tájékozással. 1926-ban összesen 4.897.683 kg lőport és más robbanóanyagot gyártottak Svédországban, ebből 2.974.445 kg dymamitot.

Mintaszerű az Egyesült Államok robbanószer statisztikája, mely a 49 állam ipari robbanószer felhasználását havonta összeállítja. 1926-ban összesen felhasználtak 67.685.416 font biztonsági robbantószert, 310.517.937 font egyéb brizáns robbanóanyagot és 157.686.825 font feketelőport. Angliából 1925-ös adatokat közöl: 15.650.316 font biztonsági robbantószert, 8.522.828 font egyéb brizáns robbanóanyagot és 11.229.171 font feketelőport.”<sup>936</sup>

A II. világháború befejezéséig egyéb, föld és sziklás kőzetek robbantásával foglalkozó cikkeket nem találunk a katonai szakfolyóiratokban.

## 5.2. Föld és sziklás kőzetek robbantásáról szóló cikkek 1945–1990

A II. világháború befejezése után Magyarország a Szovjetunió befolyási övezetébe került. Ez a honvédség átszervezésével is járt. A Magyar Néphadseregben a szovjet szakutastások fordításai kerültek bevezetésre, így volt ez a katonai robbantástechnika terén is. A műszaki tiszteknek – életkoruk függvényében – újra kellett, vagy meg kellett tanulniuk az új robbantási szabályokat, előírásokat. Ezért az első földrobbantással foglalkozó cikkekre 1953-ig kellett várni, amikor Halasi Géza főhadnagy a *meredek folyópartokon kialakítandó komp- és hídátkelőhelyek lejáróinak robbantásos kialakításáról* írt egy nagyon részletes tanulmányt.<sup>937</sup> Ebben, az 1950-ben kiadott E–mű.1. Ideiglenes robbantási

<sup>934</sup> Stettbacher (1930b): i. m. 220.

<sup>935</sup> Stettbacher (1930b): i. m. 221.

<sup>936</sup> Stettbacher (1930b): i. m. 222.

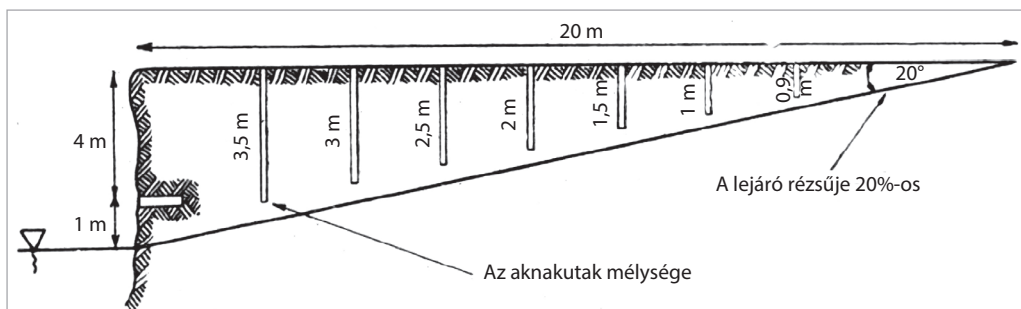
<sup>937</sup> Halasi Géza: Hogyan szervezzük meg a lejáratok készítését a komp- és hídátkelési pontokhoz, meredek és magas folyópartok esetén. *Honvédségi Szemle*, (1953), 13–14. 41–51.



utasításban foglalt szabályokat alkotó módon alkalmazva mutatta be teljes részletességgel egy reális harcászati feladat során végrehajtandó robbantási munka megtervezésének és a végrehajtás megszervezésének feladatait. A cikkben foglaltak a mai napig használható ismereteket nyújthatnak a műszaki tiszteknek a lejárórobbantás – egyébként a megszokottnál bonyolultabb – megtervezéséhez, mert a feladat ilyen mélységű bemutatásával nem találkozunk a későbbi robbantási utasításokban, így a jelenleg érvényben lévőben sem. 1976-ban, a Kossuth Lajos Katonai Főiskola műszaki hallgatói részére írt *Robbantás* című jegyzetben került hasonló alapossgal újból feldolgozásra ez a szakfeladat.<sup>938</sup>

A cikk elején a szerző aprólékosan bemutatja a lejáró elkészítésének részletmunkáit az előkészítés feladataitól kezdve (felderítés, anyagszámvetés, részlegek megszervezése, anyagbiztosítás, menetvonal-kitűzés) a tényleges végrehajtás mozzanataig (biztonsági őrség szervezése, aknakutak készítése a töltetek számára, töltetszerelés, gyújtóhálózat-készítés, gyújtóhely-berendezés, a robbanótöltetek elhelyezése és fojtása, a robbantás végrehajtása, majd a talaj elegyengetésével kapcsolatos utómunkálatok).

A közlemény második része két mintapéldát közöl egy tényleges lejárórobbantás-tervezésről. Az elsőben egy 4 m magas parton készít 20%-os lejtésű lejárot (69. ábra).

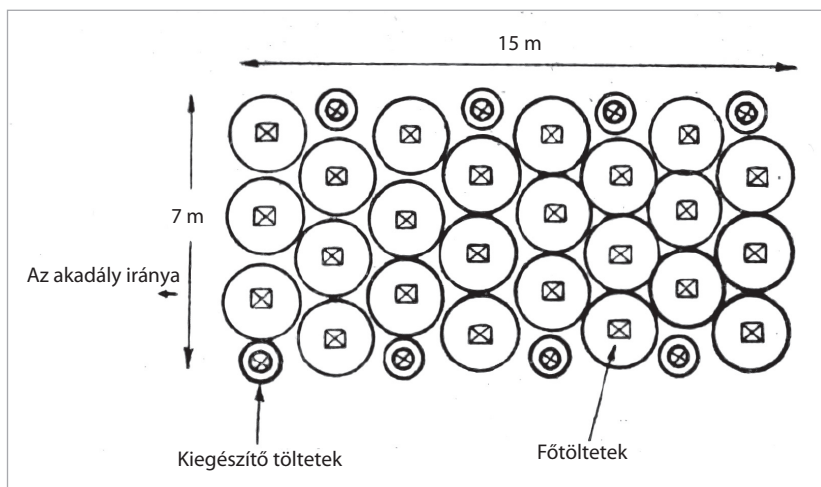


69. ábra: 20%-os lejáró robbantása 4 m magas partoldaldalban

Forrás: Halasi (1953): i. m. 48. 3. ábra.

Az egyes töltetek számítása után azok elhelyezését és hatásöveit is bemutatja a 70. ábrán.

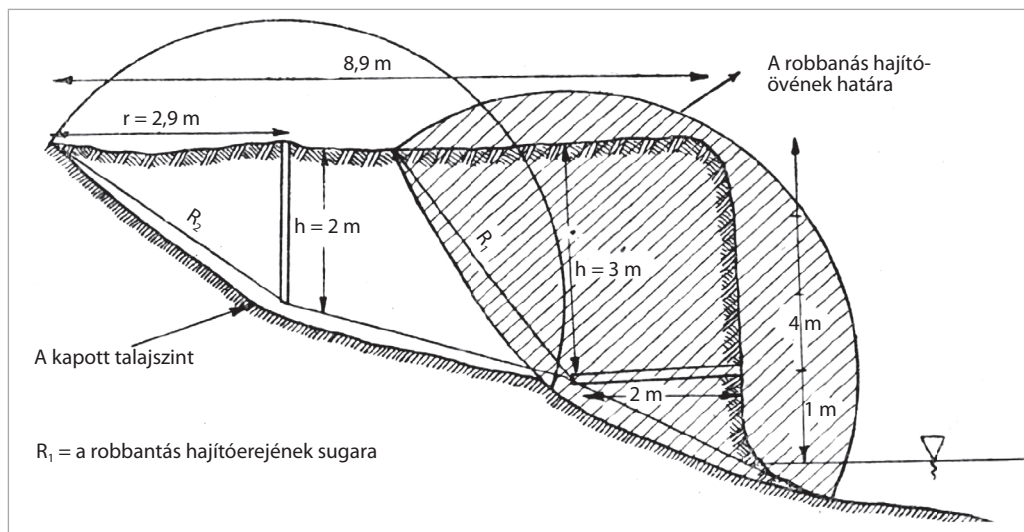
<sup>938</sup> Pakot Péter – Hegyi Ferenc: *Robbantás*. Szentendre, Magyar Néphadsereg – Kossuth Lajos Katonai Főiskola, 1976. 242–259.



70. ábra: A 20%-os lejáró robbantásának töltetei (felülnézet)

Forrás: Halasi (1953): i. m. 49. 4. ábra.

A második példában a folyón történt átkelést követően a deszanteszközök részére a túlsó parton létesítendő feljáró robbantásának egy lehetőségét mutatja be Halasi Géza. Javaslata szerint egy 4 m magas partoldal esetén egy műszaki rajjal a víz felszínétől 1 m magasságban, egymástól 3 m-re készített 2 db, egyenként 2-2 m hosszú vízszintes aknafolyosót. A part szegélyétől 6 m-re, ugyancsak 3 m távkozzal 2 m mély aknakutakat ását (71. ábra).



71. ábra: Feljáró robbantása a partoldalban négy töltettel

Forrás: Halasi (1953): i. m. 51. 7. ábra.

A robbantásnál az aknakutakban elhelyezett töltetekhez képest 1-2 másodperc késleltetéssel javasolja indítani a vízszintes aknafolyosók tölteteit. A szerző szerint ezáltal a partoldalba mintegy 9 m hosszú, kb. 3,5 m fenékszélességű feljáró létesíthető, amely a harcokcsik számára már megfelelő a szemben lévő partra történő feljutásra. Az egyébként nagyon frappáns ötlet egyetlen akadálya az lehetett, hogy sem akkor, sem pedig később nem volt a magyar fegyveres erőknél késleltetett villamos gyutacs rendszeresítve. De például a hazai gyártású akkori FMG ipari villamos gyutacs<sup>939</sup> 2. (1000 ms) vagy 4. (2000 ms) fokozatának alkalmazásával már elvégezhető lett volna a feladat.

*Gánóczy Ferenc főhadnagy* egy kétrészes tanulmányt tett közzé 1955-ben a köves talajban végzett földrobbantási feladatokról. Az első részben<sup>940</sup> harcokcsiárok készítésével foglalkozott. Érdekes adatokat közöl egy 50 m hosszú, 3,5 m mély, 3,0 m fenék- és 5,0 m felső szélességű harcokcsiárok elkészítésének időszükségletéről kézi erővel, kotrógéppel és robbantással. 1 folyóméter harcokcsiárok létesítéséhez az adatok alapján 14 m<sup>3</sup> földet kell kitermelni, így 50 m esetén 700 m<sup>3</sup> földet kell megmozgatni. Köves, sziklás talajon 1 m<sup>3</sup> kézzel történő kiemeléséhez a normatáblázat alapján 4 munkásóra szükséges, ezért a kívánt hosszúságú harcokcsiárok 2800 munkásóra alatt készülhetnek el. Az akkor rendszeresített E-505 típusú univerzális kotró óránkénti teljesítménye 30 m<sup>3</sup> volt, így gépi erővel 23,5 gépóra alatt készülhetett volna el az árok. A robbantással történő árokkialakítás részletes tervezésének (töltetszámítás, villamos és robbanózsínóros gyűjtőhálózat kialakítása) bemutatása után a szerző elvégzi a robbantás előkészítéséhez szükséges munkaerő- és időszámvetést is. Ennek alapján 367 munkásóra, vagyis 1 műszaki raj és 1 lövészzszakasz egynapi munkája szükséges a robbantással történő harcokcsiárok elkészítéséhez.

A második cikkben ugyanezt a számítást végzi el *Gánóczy harcokcsifedezék kialakítására* is.<sup>941</sup> A földmű megkívánt paraméterei alapján mintegy 90 m<sup>3</sup> föld kitermelésére van szükség. Ez kézi erővel 360 munkaóra alatt végezhető el, a fent említett kotróval pedig 3 gépmunkaóra alatt. Ha a harcokcsi kezelőszemélyzetére hárulna a feladat, akkor 7-8 nap alatt végeznének a munkával. A harcokcsiárok robbantásához hasonlóan itt is részletesen bemutatja a szerző a feladat tervezését, ráadásul összpontosított és nyújtott töltetekre is elvégzi a számításokat. Ez utóbbit egyébként az akkori Robbantási utasítás még nem tárgyalta, azonban a szerző által elvégzett ez irányú kísérletek során „a vártnál jobb eredményt kapott”. A robbantáshoz szükséges munkaerő- és időszámvetés eredményeként a harcokcsi-kezelőszemélyzet egynapos + egy utászraj másfél órás munkájával elvégezhető a feladat.

A tanulmány végkövetkeztetéseit az alábbiakban fogalmazta meg az írója: robbantás alkalmazásával „a szükséges emberi munkaerő a harcokcsiároknál egynolcadra, harcokcsifedezéknél egynegyedre csökkent. Ezzel el tudjuk érni azt, hogy az emberi munkaerőt olyan helyen alkalmazzuk, ahol azt sem a géppel, sem pedig a robbanóanyaggal nem tudjuk pótolni. Láthatjuk, hogy a robbanóanyag nemcsak az egyes objektumok

<sup>939</sup> FMG – fél másodperces időzítésközü gyutacs.

<sup>940</sup> Gánóczy Ferenc: Tapasztalatok a köves talaj robbantásánál I. *Honvédségi Szemle*, (1955a), 10. 71–78.

<sup>941</sup> Gánóczy Ferenc: Tapasztalatok a köves talaj robbantásánál II. *Honvédségi Szemle*, (1955b), 11. 51–60.

robbantásánál alkalmazható, hanem a védőállások vagy megindulási körletek védőképességének növelésére is. A robbanóanyag helyes alkalmazása azonban megköveteli, hogy a műszaki csapatok tisztjei és tiszthelyettesei tökéletesen tudják a robbantáshoz szükséges számvetéseket elkészíteni.”<sup>942</sup>

A bemutatott három tanulmány után hosszabb szünet következett be a témával kapcsolatos szakcikkekben. A következőt 1962-ben írta Herczeg Lajos, és a *télen végzendő műszaki munkák sajátosságainak* bemutatása során tesz említést a robbantási feladatokról is.<sup>943</sup> A fagyott talaj nehézségeket okoz nemcsak a kézzel, hanem a gépi erővel végzendő erődítési munkák során is. Ebben segíthetnek a felső talajréteg feltörésére alkalmazott robbanóanyag-töltetek, amelyekről ezt olvashatjuk: „Robbantással a robbantási utasításban foglaltak szerint kis tölcserék kirobbantásával kell a fagyott talaj lazítását végrehajtani. A robbanóanyag kiszámításánál az ellenállási vonalat az átfagyott talaj vastagsága és ahhoz 20-30 centiméter hozzáadásával célszerű megválasztani. Ha az alapgödört teljes mérvben a robbantással akarjuk létrehozni, akkor célszerű az alapgödörtől 8-10 méter távolságban kisegítő anyaggödöröket kirobbantani. A fedezékek, óvóhelyek befedéséhez a hiányzó földmennyiséget ezekből a gödörökből lehet pótolni. Általában a mellvéd alatti fedezékek esetében 1 darab, könnyűtípusú óvóhelynél 2-3, nehéz típusú óvóhelynél 3-4 ilyen kisegítő anyaggödör kirobbantása válik szükségessé. Egy-egy kisegítő anyaggödör kirobbantásához tíz-tizenöt kilogramm robbanóanyagot célszerű felhasználni. A robbantással végrehajtott alapgödörök kiemelésének vannak előnyei, de sajnos hátrányai is. Az utóbbiak télen erősen megmutatkoznak. Ilyen például, hogy a földet a robbanás nagyon szétszórja, a visszatöltés körülményes, ezért az alapgödör közelében az előzőekben tárgyalt kisegítő anyaggödör kirobbantása szükséges. A robbantás után, ha hó is van, hatalmas területen a föld megváltoztatja a hó színét, ilyen esetekben az álcázási munkákra nagy gondot kell fordítani.”<sup>944</sup> A leírtak érdekesek és ma is figyelemre méltóak, mivel a jelenleg érvényben lévő Mű/213. Robbantási utasítás a fagyott talajréteg egyedül a lövész- és közlekedőárkok építése során történő robbantásáról ír (ehhez még egy külön melléklettel is segíti a töltetszámítás és munkaszervezés végrehajtását). Viszont teljesen reális a szerzőnek az a megállapítása, és a gyakorlatok is azt igazolták, amely szerint: „Előfordult olyan eset is, hogy ha az erődítési építmény alapgödörét robbantással hozták létre, a robbanás ereje annyira szétszórta a földet, hogy a visszatöltéskor a földemre kerülő szükséges földréteghez csak részben volt elegendő.”<sup>945</sup> Ezért kellett a „kisegítő anyaggödörök”, amelyekről viszont a jelenlegi szabályozás nem tesz említést.

A cikkben a fagyott talajban történő robbantásnál szükséges töltetek számításánál kitér a 'K' fajlagos talajtényező értékének változtatására is. „Fagyott talajok robbantásánál a 'K' (talaj fajlagos tényezője) értékét, mint szorzót a töltetmennyiség meghatározásánál a keménységtől és az eredeti talaj összetételétől függően emelni kell, különösen szabadon felfektetett töltetek esetében. Pl. termőföld esetében a 'K' értéke közepes hatóerejű

<sup>942</sup> Gánóczi (1955b): i. m. 60.

<sup>943</sup> Herczeg Lajos: Műszaki munkák sajátosságai télen. *Honvédségi Szemle*, (1962), 12. 43–47.

<sup>944</sup> Herczeg (1962): i. m. 43.

<sup>945</sup> Herczeg (1962): i. m. 43.

robbanóanyagánál 0.82, ugyanezt a talajt megfagyva közel egyenértékűnek vehetjük a rendkívül kemény agyaggal, amelynek 'K'-értéke 1.64, tehát duplájára emelkedik.<sup>946</sup> A kitétel azért érdekes, mert a cikk megírásának idején érvényes E-mű.1. Utasítás erről nem írt. A jelenlegi Robbantási utasítás szerint „fagyott szívós talajfajtáknál (agyag, homokos agyag, agyagos homok stb.) [...] a 'K' értékeit 1.5-szeresére kell növelni”.<sup>947</sup>

Az 1928-ban kiadott E-34. robbantási szabályzatot megelőzően Nagy Gábor egy háromrészes cikkben mutatta be 1927-ben a szabályzatban lévő képletek „születését”: „A honvédség részére szerkesztés alatt álló robbantási szabályzat az egyszerűsített számítási képleteket hasznosítja. Ezen képletek megértéséhez szükséges azonban, hogy a robbantásokkal foglalkozó tisztek a képletek levezetését és ezeknek összefüggését a régi szabályzattal is ismerjék. Minthogy a szerkesztendő szabályzat levezetések nem tartalmazhat, hanem megelégszik a végképletek felsorolásával és azok mechanikus használatával – ezért választottam ezt az utat, hogy az új robbantási szabályzat tanulmányozását az érdeklődőknek megkönnyíthessem.”<sup>948</sup> A Magyar Néphadseregben 1965-ben váltotta fel az 1950-es E-mű.1. Robbantási utasítást a Mű/2. Robbantási utasítás. Ezt mintegy megelőzve, talán a fentiekhez hasonló megfontolásból írt egy anyagot *Vinkler Mihály* mérnök őrnagy, a Haditechnikai Intézet fejlesztőmérnöke *1964-ben*, amelyben szintén a *földrobbantási feladatok számításainak* háttérét mutatta be.<sup>949</sup> Bevezető gondolatai egy érdekes indoklást tartalmazzák a földrobbantás harcászati megfontolások szerinti fontosságának. „A robbantással végzett földmunka lehetőségének és szükségességének megítélésakor azt is szem előtt kell tartanunk, hogy a hadsereg támadó hadműveletének előkészítése és végrehajtása folyamán a műszaki géppark 40-60%-a sérülés következtében, vagy technikai okok miatt kiesik a rendszerből. Átlagosan napi 4-5%-os kieséssel lehet számolni, ez pedig az elvégzendő földmunkák terjedelmét tekintve nem elhanyagolható mennyiség. Figyelembe kell még venni, hogy ezek a földmunkagépek igen nagy értékűek, emellett nem is alkalmasak minden körülmények között a nekik szánt feladat megoldására. Hegyes, sziklás vidéken pl. nemcsak a rájuk váró feladat megoldására képtelenek, hanem még sok esetben az épített utakon sem tudnak közlekedni.”<sup>950</sup> A továbbiakban a földrobbantási módszerek (kis és nagy fúrólyukas, aknás és aknakamrás), valamint a töltetek hatásöveinek (roncsolási, hajítási, repesztési, rezgési) bemutatása után a robbantás hatásának tényezőit az alábbiakban határozta meg:

- a robbantandó anyag tömege és minősége;
- a furatok iránya és mennyisége;
- a furatok és a töltetkamrák alakja és nagysága;
- az anyag kohéziója és rétegzettsége;
- a szabad felületek száma és mérete;

<sup>946</sup> Herczeg (1962): i. m. 46.

<sup>947</sup> Mű/213 (1971): i. m. 160. pont, 138.

<sup>948</sup> Nagy (1927a): i. m. 14.

<sup>949</sup> Vinkler Mihály: *Földmunkák végzése robbantás felhasználásával*. Budapest, Haditechnikai Intézet (27. kiadvány), 1964.

<sup>950</sup> Vinkler (1964): i. m. 5.

- a legkisebb ellenállás vonala;
- a robbanóanyag hevéssége.

A földrobbantás tervezésénél alkalmazható számításoknál kitér a Lebrun-féle képletre és a többek között ebből származtatott ún. „katonai képlet”-re. Bemutatja a Boreskov-féle tapasztalati képletet, valamint a Kamenka- és Izrailjev-képletet, csatolva a hozzájuk szükséges táblázati tényezőket is. Külön pontban foglalkozik a földrobbantás biztonsági övezeteinek számításával mind a szeizmikus hatás, mind a töltetek egymástól való biztonsági távolsága és a robbanás léglökési hulláma szempontjából meghatározandó távolságra. A tanulmányban foglaltakat egy konkrét számítási példával egészítette ki: 25 m hosszú, 2 m fenékszélességű és 1,9 m mély csatorna kirobbantásának tervezése közepesen kötött talajban. A számítások eredményét gazdaságossági szempontból is vizsgálva arra a megállapításra jutott, hogy a 265 kg trotil felhasználásával végzett robbantással 173 m<sup>3</sup> földet „termeltek ki”, így egy köbméterhez 1,53 kg robbanóanyag kellett. Akkori áron ez a TNT esetén 73 forintba került, olcsóbb (ipari) robbanóanyaggal, például paxit felhasználásával ez a költség 20-22 forint lett volna.

A szerző az anyagot az alábbi végkövetkeztetésekkel zárta. „Az elmondottakból látható, hogy jól átgondolt robbantási terv alapján, jól megválasztott robbanóanyaggal a földmunkák robbantásos módszereit gazdaságosan lehet alkalmazni mind a népgazdaságban, mind a hadseregben. A végből, hogy a földmunkák robbantásos módszerei a hadseregben és a népgazdaságban egyaránt elterjedjenek, néhány problémát még meg kell oldani. Így nehézséget okoz többek között a mocsaras, a vizes és a köves-sziklás talajban a furat készítése és a töltet behelyezése. Feltétlenül ki kellene alakítani erre a célra megfelelő minőségű és súlyú egységtölteteket. Különösen a hadseregben való felhasználás ténnyé indokoltta a számítási munkák megkönnyítésére és meggyorsítására szolgáló célszerű nomogramok kidolgozását. E problémák mind megoldhatók, csupán a megoldáshoz szükséges feltételeket kell biztosítani.”<sup>951</sup> Vinkler Mihály korai halálával (a 3.2.3. pontban írtunk róla) az elképzelései sajnos csak tervek maradtak. A nomogramok helyett egy ugyancsak *1964-es* (szerző nélküli) cikkben olvashatunk egy, a *földrobbantáshoz* szükséges töltetek gyors meghatározását szolgáló *számítókorongról*.<sup>952</sup> „A korong segítségével, legalább egy adatot ismerve, gyorsan kiszámíthatjuk a laza, közepes és köves talajon történő robbantás összes jellemző adatait. Így például megállapíthatjuk: a töltet súlyát, a keletkezett tölcser sugarát, a legkisebb ellenállási vonalat, a keletkezett tölcser mélységét, a tölcserkoszorú magasságát, a biztonsági körzetet, valamint az egyvonalban elhelyezett töltetek közti távolságot. A töltet súlyát kilogrammban, a többi adatot pedig méterben kapjuk meg.”<sup>953</sup> Idős műszaki tisztelnél még megtalálható egy-egy darab ebből az eszközből. Későbbi – gyakorlatban történő – felhasználása azonban nem ismert.

<sup>951</sup> Vinkler (1964): i. m. 23–24.

<sup>952</sup> Számító-korong robbantáshoz. *Honvédségi Szemle*, (1964), 3. 79–80.

<sup>953</sup> Számító-korong robbantáshoz (1964): i. m. 79.



1969-ben Mueller Othmár két földrobbantással kapcsolatos cikket írt a *Haditechnikai Szemlébe*. *Új földrobbantási módszerekkel* foglalkozott az első közlemény.<sup>954</sup> Az Amerikai Egyesült Államokban folyó, „robbanópaplanos talajtömörítéssel” kapcsolatos kísérletek során süppedékeny, omlós, laza talajok felületi tömörítését akarták elérni, például repülőgépek leszállását, illetve a felszíni közlekedést biztosítva a felületükön. A kísérleti, akár repülőgépről permetezhető robbanóanyag összetételét olvasva (25% hidrazin, 58–59% ammónium-perklorát, 13–14% lekötött víz, 2–3% proteintartalmú habképző anyag) a 2.2. alfejezetben bemutatott Astrolite robbanóanyagról lehetett szó, amelyet aztán a mérgező rakéta-hajtóanyag, a hidrazin miatt ténylegesen soha nem alkalmaztak a gyakorlatban. A másik bemutatott új módszer a kábeltöltetes árokrobbantás. A 3,5–6,5 cm átmérőjű, hajlékony műanyag csövekbe préselt robbanóanyag-keverék tömege annak térfogatsúlyától függően 1,2–7,0 kg volt. Egy adott feladathoz szükséges robbanóanyag-mennyiség meghatározásához a cikk szerint a pozsonyi robbanóanyaggyár a  $C=q \cdot V \cdot L = m \cdot L$  képletet ajánlja. Ebben a 'q' a fajlagos robbanóanyag-igény, például zselatinált dinamitból 0,8–1,3 kp/m<sup>3</sup>, 'V' az árok egy folyóméterére eső föld köbtartalma (m<sup>3</sup>), 'm' az árok egy folyóméterére eső töltetmennyiség (kp), 'L' pedig a kirobbantandó árok hossza (m). További kísérletek azt bizonyították, hogy a képlet szerinti töltetmennyiséget toló hatású robbanóanyagok, illetve szivós, köves talajok esetén kb. 20–40%-kal célszerű megnövelni. A szerző ismerteti a kábeltöltetek fektetésének technológiáját is. A kábeltöltetes árokrobbantásról további részletek ismerhetők még meg a szerzőnek ugyancsak 1969-ben, a *Magyar Építőipar* című lapban megjelent közleményében.<sup>955</sup>

A másik cikkben a *tömeges föld- és sziklarobbantások különleges módszereit* mutatja be Mueller.<sup>956</sup> A már széles körben alkalmazott, de a nedvességgel szemben érzékeny ammónium-nitrát és dízelolaj keverék (ANDO) robbanóanyag mellett ebben az időben már elterjedten használták a robbanóanyagokat is, amelyek ammónium-nitrát és más nitrátok vizes oldatait, égésfokozó anyagokkal (alumínium, glikol stb.) és érzékenyítő anyagokkal (TNT, nitropenta, hexogén) keverve. Töltényezhetők és helyszínen bekeverhetők, sőt – ahogy erről a cikkben olvashatunk – tartálykocsiból szivattyúzhatók is. Nagy előnyük az ANDO-val szemben, hogy vizes fúrólyukakba is tölthetők. A szerző egy táblázatba foglalva bemutatja négyféle jugoszláv, két csehszlovák és egy bolgár robbanóanyag főbb robbantástechnikai jellemzőit (fajsúly, robbanási hő, detonációsebesség, fajlagos gáztérfogat). Az egyre elterjedtebb alkalmazásuk következtében az ilyen típusú robbanóanyagok ára is csökkenő tendenciát mutatott a cikk megjelenésének idején. A szerző arról tudósít, hogy a dinamit robbanóanyagoknál már 10–20%-kal kisebb volt a világpiaci árak, ugyanakkor az ANDO-hoz viszonyítva még 3–5-ször többbe kerültek. Ennek ellenére egyéb előnyös tulajdonságaik miatt „szovjet, bolgár és jugoszláv példák nyomán az is beigazolódott, hogy e drágább robbanóanyagok használatával az összes

<sup>954</sup> Mueller Othmár: A földrobbantás néhány új módszere. *Haditechnika*, 3. (1969a), 2. 44–47.

<sup>955</sup> Mueller Othmár: Kábeltöltetes föld- és alapozási robbantások. *Magyar Építőipar*, 11. (1962), 2. 101–105.

<sup>956</sup> Mueller Othmár: A tömeges föld- és sziklarobbantások különleges módszerei. *Haditechnika*, 3. (1969b), 4. 125–128.

robbantási költségekben 15–40%-os megtakarítás mutatkozik.”<sup>957</sup> A *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből* című könyv szerint „a robbanóanyag hátrányos tulajdonságai a katonai alkalmazás szempontjából:

- +4°C alatt megdermed és bizonytalanul, negatív hőmérsékleti tartományban egyáltalán nem detonál;
- az áramot vezeti, ez hibás villamos hálózathálálva-maradást okozhat.”<sup>958</sup>

A tömeges földrobbantásokhoz nem csak a hagyományos ipari robbanóanyagok terén folytak fejlesztések, kísérletek. *Bödy Zoltán* fizikus, a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem Kísérleti Fizikai Intézetének kutatója az *atombombák* e célra történő alkalmazhatóságáról értekezett egy *1969-es* cikkében.<sup>959</sup> A nukleáris robbanás lefolyásának ismertetése után olyan példákat idéz fel, amikor nagy tömegű, hagyományos robbanóanyaggal végzett robbantásokkal alakítottak ki csatornákat sziklás kőzetben. 1958-ban a Szovjetunióban 3100 tonna robbanóanyaggal készítettek 1150 m hosszú, felül 100 m széles és 25 m mély csatornát. 1964-ben az Amu-Darja-csatornánál készítettek 9327 tonna robbanóanyaggal 15 km hosszú csatornát. Ezek a hatalmas robbantások vetették fel a tudósokban az atomenergia békés célra történő felhasználását a hasonló volumenű építkezések során. 1956-ban például az Egyesült Államokban indítottak el Plowshare-program néven egy ilyen célú kutatást a Panama-csatorna közelében létesítendő újabb, óceánok közötti csatornaépítésre. A cikk írója pozitív gondolatokkal zárja az anyagát: „A Szovjetunió és az Egyesült Államok most lezajlott bécsi tárgyalásai és az atomsorompó-szerződés jó reményt nyújtanak arra, hogy a politikai akadályok is elhárulnak, így a pusztításra szánt szerkezeteknek legalább egy kis részét az építés szolgálatába állíthatja az emberiség.”<sup>960</sup>

Az atomenergia vízépitési földmunkák végzésére történő alkalmazásával kapcsolatos külföldi kutatásokról a *Vízügyi Közleményekben* is jelent meg egy cikk *1965-ben*.<sup>961</sup> *Ivicsics Ferenc* a „mérnöki gyakorlatban alkalmazott hagyományos robbantási eljárásokat” hasonlítja össze a Bödy által is említett új közép-amerikai hajózárszatorna atomtöltetekkel való kialakításával kapcsolatban folytatott amerikai kutatások eredményeivel.

*1972-ben* a *Haditechnikai Szemlében* is olvashattak az érdeklődők atomrobbantással végezhető földmunkákkal kapcsolatos tanulmányt.<sup>962</sup>

A sorban utolsóként egy *1986-os* cikket mutatunk be ebben a témában, amely a *Természettudományi Közleményekben* jelent meg.<sup>963</sup> Ebben már tovább szélesednek az atomenergia építési célú felhasználásának lehetőségei. „A föld alatti üregeknek gáztárolóként való hasznosítását már korábban is vizsgálták. A robbantással előállított üregekben tör-

<sup>957</sup> Mueller (1969b): i. m. 126.

<sup>958</sup> Lukács (2017b): i. m. 201.

<sup>959</sup> Bödy Zoltán: Munkára fogott atombombák. *Természettudományi Közlemények*, (1969), 7. 290–294.

<sup>960</sup> Bödy (1969): i. m. 294.

<sup>961</sup> Ivicsics Ferenc: Vízépitési földmunkák hagyományos és nukleáris robbantással. *Vízügyi Közlemények*, 47. (1965). 584–593.

<sup>962</sup> Pető Gábor Pál: Földmunkák – atomrobbantással? *Haditechnika*, 6. (1972), 2. 65–69.

<sup>963</sup> Makra Zsigmond: Békés célú atomrobbantások. *Természettudományi Közlemények*, (1986), 5. 232–233.

ténő földgáztárolás a számítások szerint olcsóbb lenne, mint a tartályokban, cseppfolyós formában való tárolás. A gáz radioaktív szennyeződésével számolni kell, azonban ha a robbanás után az üreget átöblítik, akkor a továbbiakban már igen csekély a szennyeződés. A nagy aktivitású radioaktív hulladék tárolását úgy képzelik, hogy a felszín alatt több kilométer mélységben levő üregbe bocsátott radioaktív oldat felforr, és a víz az üregből eltávozik. Amikor az üreg megtelt radioaktív hulladékkal, a nyílását elszigetelik. A radioaktív anyagok bomlásának a hője a környező sziklát megolvasztja, az aktivitás »feloldódik« a kőzetben, majd évtizedek-évszázadok múlva megszilárdul, így az aktivitás oldhatatlan formában, a kőzetben megkötve marad.<sup>964</sup> „Az 1971-es genfi konferencián elhangzott, hogy a Szovjetunióban egy gázkitörést egy 30 kt erejű bombával, amit 2440 méter mélységben helyeztek el, a kúttól 35 méterre, sikerült elzárni. A kút tartósan lezárva maradt, radioaktivitás kiszabadulását nem észlelték.”<sup>965</sup> A korábban már említett amerikai csatornakészítés még mindig tanulmányozás alatt állt. Ugyanakkor vizsgálták a „Szovjetunióban a Pecsora folyót a Kaszpi-tengerrel összekötő csatorna tervét. Az egyiptomiak két csatornát is terveznek: az egyik a Földközi-tenger vizét vezetné a Kattarai-mélyedésbe, a másik a Nasszer-tenger vizét a Nílustól nyugatra fekvő sivatagba. Indiának számos terve van az atomrobbantások békés hasznosítására, ezek között szerepel kikötőöböl létesítése a Bengáli-öbölben és az Arab-tenger partján.”<sup>966</sup> Ma, több mint 30 évvel később azonban az említett tervek még mindig csak papíron léteznek, habár időről időre még olvashatunk különböző híroldalakon az atomenergia ilyen célra történő felhasználhatóságáról.

*Mueller Othmár a földrobbantó töltetek méretezésével kapcsolatos újabb kutatásokról* számolt be 1972-es cikkében.<sup>967</sup> A bevezetőben összefoglalta a napjainkban általánosan alkalmazott számítás elvét. „A töltetméretezés hagyományos képletei közel két évszázad alatt, főképpen azonban a múlt század második felében alakultak ki. Ezek a mindennapi gyakorlat igényeit általában ma is teljes mértékben kielégítik. Közös kiindulási alapjuk, hogy a geometriailag pontszerűnek tekintett robbantótöltet robbanási hatása a homogénnek feltételezett, végtelen közegben egyenletesen és gömbszerűen terjed. Ha a végtelen közeget egy síkkal metszik, akkor a felszín közelében levő töltet hatásgömbje a legkisebb ellenállás irányában kilép a síkból, és a robbanási hatás meghatározott csúcsszögű kivetési kúpot alakít ki. A matematikai összefüggések felhasználásával erre az elméleti robbanási modellel kimutatható, hogy a töltet nagysága – a kivetési kúp térfogatával együtt – a töltet és a felszín közötti legrövidebb távolság, az ún. elővét valamelyik hatványával, többnyire a köbével arányos.”<sup>968</sup> Az újabb kutatások azonban ráirányították a figyelmet a számítási módszer hiányosságaira is. „Az elméleti megfontolásokon alapuló képlet a gyakorlatban, több tekintetben pontatlannak mutatkozott. A robbantási közeg – az altalaj, a fal, a szikla stb. – korántsem homogén, s az etalonként felvett »ősdinamit« óta már sok új

<sup>964</sup> Makra (1986): i. m. 233.

<sup>965</sup> Makra (1986): i. m. 233.

<sup>966</sup> Makra (1986): i. m. 233.

<sup>967</sup> Mueller Othmár: Új irányok a robbantótöltetek méretezésében. *Haditechnika*, 6. (1972b), 1. 5–7.

<sup>968</sup> Mueller (1972b): i. m. 5.

robbanóanyag jelent meg. Később az is kitűnt, hogy a töltet nagyságát egy sereg más körülmény is befolyásolja, többek között a robbantási közeg készülségi állapota, a közeg szerkezeti jellege (közetstruktúrája, repedezettsége, belső összeszővődése, különböző anyagok keveredése stb.). Ezért az elővét köbe mellé módosító tényezőket vezettek be, sőt az egyik-másik töltetméretezési képletben nyolc-tíz, táblázatból kivethető ilyen tényező is szerepel. Számos kutató kétségbe vonta az említett köbös összefüggés helyességét, és kísérletek alapján olyan töltetméretezési képletekhez jutottak, melyekben az elővét más hatványával számolnak: négyzetével, esetleg a negyedik hatványával is.<sup>969</sup> A sok új tényező figyelembevétele ugyanakkor már olyan bonyolult számításokat igényelt, amelyek csak számítógépes programok segítségével voltak kezelhetők. Az új elképzelések közül mutat be néhányat a szerző. Vesic amerikai kutató a kráterüreg-elv alapján számítaná ki a földrobbantáshoz szükséges töltet tömegét. A Livingston–Dow-féle kráterteszt kísérleti előrobbantások eredménye alapján optimalizálná a számítást. A szovjet Protaszov az energiaigény alapján méretezné a tölteteket. „A számításokban szerepel a töltet energiatartalma, a keletkező gáz fajlagos hő-kapacitása, mól térfogata, hőtágulási együtthatója, a közeg szilárdsági és nyúlási állandója, térfogatsúlya és szilárdsága s még több más, ugyancsak laboratóriumi úton meghatározható jellemző. A látszólag bonyolult képletsorok számítógép segítségével lényegesen egyszerűsíthetők és jó eredményeket adnak a gyakorlat számára.”<sup>970</sup> Az aacheni műszaki egyetemen kiterjedt kísérletsorozatok alapján dolgozták ki a fajlagos robbantási energiaigényt. A cikk végén a szerző az alábbi összegzést adja tanulmányának. „Nyilvánvaló, hogy a különféle eljárásokat ma még nem lehet kifogástalanul összehasonlítani. Egyes esetek elemzésekor pl. az utépítésben a robbantás és a gépi felszakítás összehasonlítása nagyjából 1 m mélységű fogásokra vonatkoztatva egyértelműen a gépi munka javára dőlt el, miután a fúrás is sok munkát fogyaszt. Az ilyen általános energetikai módszerek egyik változata a különféle robbanótöltetek, robbantási eljárások összehasonlítása révén törekszik a töltésméretezés optimalizálására.”<sup>971</sup>

*A cikkben bemutatott új számításokhoz két megjegyzést teszünk.* Az amerikai Calvin Konya professzor<sup>972</sup> a Zrínyi Miklós Katonai Akadémián 1996-ban tartott háromnapos Robbantástervezési technikák a külszíni bányászatban című szemináriumán mondta a következőket: az a képlet, amellyel egy robbantómester nem tudja egy gyufaskatulyán kiszámolni a szükséges robbanóanyag-töltet mennyiségét, a gyakorlati élet számára használhatatlan. A kérdés másik oldala: ma már a kőbányászatban is nagyon fejlett számítógépes programok segítségével optimalizálják mind a töltetek helyét, mind azok fúrását, a töltetmennyiség meghatározását és az iniciálási rendszer tervezését.<sup>973</sup>

Az 5.1. alfejezetben bemutatuk Alfred Stettbachernek *A robbanószerzakma 1924-től 1928-ig* című tanulmánya 5. részében kifejtett, a robbantólyukak fojtásával kapcsolatos

<sup>969</sup> Mueller (1972b): i. m. 5.

<sup>970</sup> Mueller (1972b): i. m. 7.

<sup>971</sup> Mueller (1972b): i. m. 7.

<sup>972</sup> Kónya Kálmán – részletesebben lásd a 4.3. alfejezetben.

<sup>973</sup> Lásd például a DNA-Blast Group által fejlesztett I-Blast szoftvert. <http://dnablast.com/i-blast/?lang=en>

gondolatait. *Mueller Othmár* szintén a *fojtás szerepéről* írt egy cikket a *Haditechnikai Szemlében* 1972-ben.<sup>974</sup> Bevezetőjében a töltetek fojtásáról ezt írta. „A fojtásnak az a feladata, hogy a robbanás folyamán keletkező gázokat bizonyos ideig visszatartsa, sűrítse és ezáltal a koncentrált detonációs hatás kifejlődését elősegítse.”<sup>975</sup> A fojtásként alkalmazható anyagokról a következőket olvashatjuk. „A fojtásnak a robbantási műveletekben betöltött szerepével foglalkozva először a fojtás anyagának a kérdését kell áttekintnünk. E tekintetben a legfontosabb az a követelmény, hogy a fojtás anyaga nem lehet gyúlékony, tehát kócot, rongyot stb. erre a célra nem szabad használni. Számos szakértőnek az az álláspontja, hogy különleges esetekben, pl. igen hosszú robbantó lyukakban maga a robbanóanyag is betöltheti a fojtás szerepét. Ez főként akkor van így, amikor a kisebb detonációs sebességű (1900-2000 m/s), rendszerint a helyszínen kevert ammónium-nitrát – dízelolaj (ANO) keverék robbanóanyaggal dolgoznak. A hagyományos agyagfojtásokon kívül a fűrőliszt, a prés-légajtású »puskákka« benyomott homok is igen kedvező, bár a porképződés és a sújtólég-berobbanás elkerülésére a vízfojtás is egyre erősebben terjed. A vizet, úgyszintén a géles, kocsonyás anyagokat többnyire kissé íves (a robbantólyukba befeszlő) polietilén csőből készített rudakba töltik. Megjelentek azonban már az olyan fojtások is, amelyek a robbantólyukba töltve ott besűrűsödnek, bekocsonyásodnak, s szilárd tömedékelést adnak.”<sup>976</sup>

Ezt követően a fojtás megfelelő hosszának a meghatározásával foglalkozik a cikk, részletesen bemutatva a svájci Dubsy számítási módszerét. Összességében „a fojtáshosszat az elővét nagysága, továbbá a fojtás anyagának térfogatsúlya, maga a robbanóanyag, valamint a robbantandó közeg egyes jellemzői határozzák meg”.<sup>977</sup>

A világ aztán ezen a téren is változott. A *Kónya professzor* által tartott 1996-os *szimpóziumon* ezzel a kérdéssel kapcsolatban elhangzottak alapján a *Katonai robbantástechnika és a környezetvédelem* című jegyzetben<sup>978</sup> ez olvasható:

„Néhány tévhitet kell eloszlatni a fojtással kapcsolatban:

- a fűrőlyuk hosszának semmi köze a fojtási hosszhoz, ez utóbbit nem ebből származtatják;
- a korábbi elvekkel ellentétben nem a fűrőliszt a legjobb fojtás, még csak nem is a finomszemcsés homok, hanem a meghatározott szemcseméretű közűzalek.”<sup>979</sup>

A gondolatot tovább folytatva: „Ha a fojtóanyag túl finom szerkezetű (pl. a fűrőliszt), akkor a nagy nyomáson szinte folyni kezd, és a lyuk kifúj. Ezáltal nagy lesz a hanghatás és a léglökés, továbbá – mivel jelentősen csökken a lyukban az energia – nagy lesz a szeizmikus rezgési érték is. Ha a finomszemcsés fojtóanyag ráadásul nedves is, ez a hatás fokozottan érvényesül. A szemcsés fojtóanyag ezzel szemben összetömörödik,

<sup>974</sup> Mueller Othmár: A fojtás szerepe a robbantási műveletekben. *Haditechnika*, 6. (1972a), 2. 58–60.

<sup>975</sup> Mueller (1972a): i. m. 58.

<sup>976</sup> Mueller (1972a): i. m. 58.

<sup>977</sup> Mueller (1972a): i. m. 59.

<sup>978</sup> Lukács (1997a): i. m.

<sup>979</sup> Lukács (1997a): i. m. 154.



és jól zár. Ha a fojtóanyag szemcsemérete nagyobb a kívánatosnál, a robbantás hatására könnyen áthidalódik, és légszák keletkezik, mely megint csak kifújást eredményezhet. Összegzőképpen megállapítható, hogy ha a fojtóanyag szemcsenagysága valamilyen okból kisebb vagy nagyobb az optimálisnál, mindenképpen növelni szükséges a fojtási hosszúságot.”<sup>980</sup> A fojtóanyag optimális szemcsemérete a szakirodalmak szerint a fúrólyuk átmérőjének 1/10-e és 1/20-a között választandó meg.

Különleges „földrobbantási” feladatról számolt be *Nemes József* főhadnagy a *Honvédségi Szemlében* 1982-ben megjelent cikkében.<sup>981</sup> Salgótarjánban kellett a tervszerűtlen bányaművelés következtében korábban keletkezett *meddőhányókat robbantani*, amelyek egyrészt szennyezték a környezetet, másrészt balesetveszélyesek voltak, nem utolsósorban pedig kezelhetetlenek voltak az utóhasznosítás szempontjából. A feladat bonyolultságát az alábbiakban foglalta össze a szerző. „A meddőhányókban mintegy 100-110 év óta felhalmozott salakot izzó állapotban szállították ki a környező üzemekből. A heterogén – kémiai, mechanikai – összetételű és szemcsézettségű izzó salak lassan kiégett, és vagy könnyen omló egyrészt porszerű szemcsézettségű, kéziszerszámokkal bontható salaktömeg alakult ki, másrészt 40-60 köbméteres, sőt ennél is nagyobb térfogatú, összeégett és tömör salaktömbök jöttek létre. Utóbbiak már csak speciális eszközökkel bonthatók. Az egyes rétegek között a kihűlt salak palaszerű anyaggá vált. A salak gyorsabb hűtésére a közelben levő acélgyár melléktermékét az ún. »páclevet« alkalmazták, de az is előfordult, hogy az izzó salakra fáradtolajat öntöttek. Az utóbbi megoldás öngyulladást eredményezett, s a salakkal együtt kivitt selejtes vashulladék, valamint az üveggyárból kihordott melléktermék megolvadt, a salakkal összeégett. Főként ez okozta a meddőben felhalmozott salak nagyfokú tömbösödését.”<sup>982</sup> A leírtak alapján egyáltalán nem várt könnyű munka a kijelölt műszaki alegység állományára. „Mindezek figyelembevételével azt a feladatot kaptuk, hogy robbantással omlasszuk le a baleset-veszélyes falakat, majd ezután a megmaradt salaktömböket a kívánt mértékben daraboljuk fel, hogy szállíthatók legyenek.”<sup>983</sup> A cikk további részében a szerző részletesen ismerteti a szokványosnak egyáltalán nem tekinthető robbantások végrehajtását.

Az időszak utolsó, témába vágó cikkét *Németh Ervin* alezredes írta 1983-ban, a *köves, sziklás terepen végzendő erődítési munkák sajátosságairól*.<sup>984</sup> Az ilyen körülmények között végzendő feladatok robbanóanyagokkal végrehajtható munkáiról, az ezzel kapcsolatos kísérletekről a következőket olvashatjuk a tanulmányban. „A köves, sziklás talaj kiemelésekor számoljunk robbanóanyag alkalmazásával is. [...] A kísérletek szerint egy harcokcsi-tüzelőállás alapgyödrének kirobbantásához 1-2 motorosfejtőgép-óra, 12-16 munkásóra (muó) és 50-60 kg robbanóanyag szükséges. A TNT robbanóanyagot kettő-négy töltetűregben, 0,8-1,0 m mélyen helyezték el és homokkal fojtották. A feladatot télen oldották meg, amikor a talaj fagyott volt. A tüzelőállás kirobbantott alapgyödrének teljes

<sup>980</sup> Lukács (1997a): i. m. 155.

<sup>981</sup> Nemes József: Egy robbantási feladat tapasztalatai. *Honvédségi Szemle*, (1982), 3. 18–21.

<sup>982</sup> Nemes (1982): i. m. 18.

<sup>983</sup> Nemes (1982): i. m. 19.

<sup>984</sup> Németh Ervin: Erődítés köves, sziklás terepen. *Honvédségi Szemle*, (1983), 10. 10–13.



kiépítése további 15-20 munkásórát igényelt. A kísérlet szerint különösen fontos, hogy a töltetüregeket megfelelő mélységűre alakítsák ki, és a fagyott talaj helyett homokkal fojtsanak. Harckocsi-bulldózeres megmunkáláshoz négy töltettel jobban előkészíthető a tüzelőállás, mint kettővel.

Az egyik műszaki zászlóaljunk a harckocsik és páncélozott harcjárművek tüzelőállásainak elkészítését nyáron az alábbi munkaszervezés alapján oldotta meg. A robbantórészleg előkészítette a tölteteket. A három töltetüregebe behelyezett 90 kg paxitot, ezután kettős villamos gyűjtőhálózatot készített, fojtotta a tölteteket, végül robbantott. A töltetüregeket BR-80 motoros kőfejtővel, utászlapáttal, utászcákánnyal és külön e célra készített kapákkal 1.3 m-re mélyítették. A fojtáshoz nedves agyagot használtak. A feladatot a négytagú részleg négy óra (16 munkásóra) alatt teljesítette. A robbantás után egy BAT-M láncaltapas buldózer és három katona lapáttal, csákánnyal két óra alatt fejezte be a tüzelőállás kiépítését és a mellvédek kialakítását.”<sup>985</sup>

„Különösen hasznos tapasztalatokat szereztünk azon a téli módszertani foglalkozáson, amelyen erdős-hegyes terepen, mészkőben, illetve dolomitban gazdag zárványos talajon harcszerű körülmények között kellett a műszaki feladatokat megoldani. Az egyik páncélozott harcjármű tüzelőállásának kiépítésekor a két 1.3 m mély töltetüreget nyolc katona lapáttal, csákánnyal és feszítővassal, egymást gyakran váltva, négy óra (32 muó) alatt készítette el. Ezen a helyen az igen kedvezőtlen talajviszonyok miatt csak kézi erőt vehettünk igénybe. A gyakorlaton a töltetüregekben általában 20-25 kg robbanóanyagot helyeztek el. A töltetek fojtására néhol csak a kitermelt anyagokat használták. Az ilyen fojtóanyag egy része megfagyott, és a rosszul fojtott töltetek hatása 30-40 százalékkal csökkent. Többségében azonban jó volt a fojtás, és a robbantás után 6-8 m<sup>3</sup>, más helyeken 8-10 m<sup>3</sup> lazított, köves talajt kellett még az alapgödörből kiemelni. Ezt a munkát a tolólapos gép után négy katona egy-másfél óra alatt, csak kézzel pedig hat óra alatt tudta elvégezni.”<sup>986</sup>

„A robbanóanyagok alkalmazásának ismerjük egy másik változatát is, amikor a töltetüregeket is robbanóanyaggal alakítják ki. Az utóbbi időben több nyugati és baráti hadsereg foglalkozott olyan speciális töltetek kialakításával, amelyek erdős-hegyes terepen megkönnyítik a gyalogsági tüzelőállások és fedezékek kiépítését. Az ilyen elvek szerint kialakított töltetek természetesen jól alkalmazhatók a köves, sziklás talajokon kívül kötött és fagyott talajban is. Az egyik kipróbált változat két külön töltetből áll: egy kumulatív és egy alaptöltetből, amelyeket egymás után kell robbantani. A lövészgödröt az alábbiak szerint készítik el. A kb. 0.45 kg tömegű, 50 mm átmérőjű és 180 mm hosszú kumulatív töltetet függőlegesen telepítik, az alsó részén kialakított és kinyitható három fémtüske lábón. A töltet gyújtója 30 másodperc késleltetéssel működik, s így ez idő alatt elfoglalható egy közeli fedezék. A robbanás eredményeként 50 mm átmérőjű és 40-60 cm mély lyuk keletkezik. Ebbe kell helyezni a kumulatív töltet méreteivel megegyező alaptöltetet.

<sup>985</sup> Németh (1983): i. m. 11.

<sup>986</sup> Németh (1983): i. m. 11–12.

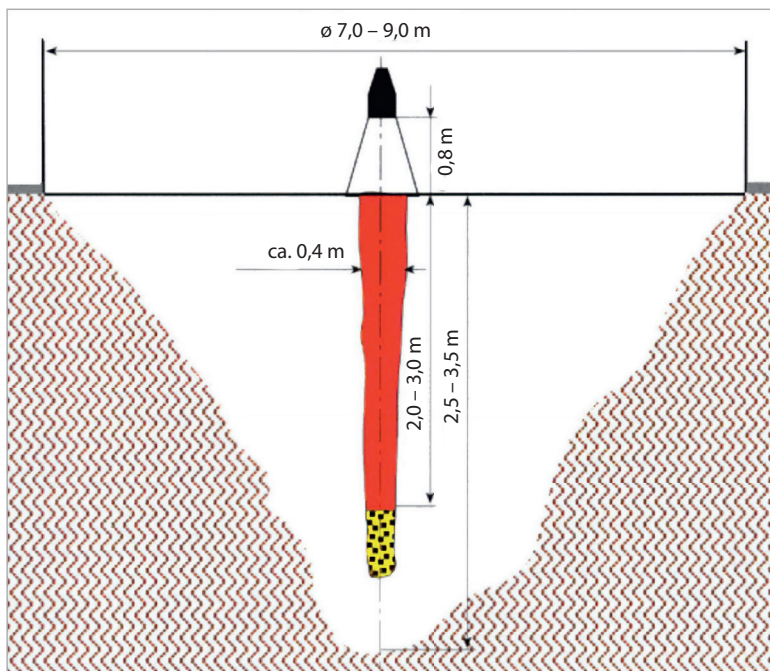
Ez is késleltetett gyújtóval működik, és a robbanás általában 60 cm átmérőjű, 70-90 cm mély gödröt alakít ki, amely minimális utómunkával lövészgödörre képezhető.”<sup>987</sup>

A cikk végén szereplő speciális töltet az orosz *OZ-1 Okopnij Zarjad (fedezékrobbantó töltet)*, amelyet eredetileg az egyes harcos lövészgödörnek kialakítására terveztek akár köves vagy fagyott talaj esetén is. Ugyancsak használták a fagyott talajréteg lazítására, a további (gépi vagy kézi) földmunkák végzését segítve ezzel. A töltet gyakorlatban történő alkalmazásának problémáiról ugyanakkor Veremejev a következőket írta: „Sajnos nem sikerült hasznos eszközt előállítani. A kumulatív töltet robbantásának eredményeként egyfajta kúp alakú furatot kapunk, amelynek átmérője 5-7 cm mélységig kb. 20-25 centiméter. Ennél mélyebbről azonban a fellazított talajt már csak egy evőkanállal lehet kihúzni. A főtöltet robbantásával egy körülbelül 90 centiméter átmérőjű és 20-30 centiméter mély, sekély tölcsért kapunk. Mélyebben a fellazított talaj körülbelül 60 centiméter mélységig termelhető ki. Valamivel jobb eredményt kapunk, ha két-három töltetet egymás mellett robbantanak fel. A töltet kezelési utasításában szereplő határadatok (akár 2,5 m átmérőjű, 1,6 m mély tölcsér) a gyakorlatban nem igazolódtak be. Az elbeszélések szerint Csecsenföldön, a házak pincéjében megbúvó ellenséges katonák elleni harcban használták eredményesen ezt az eszközt. A kumulatív töltet lyukat ütött a mennyezetbe, majd a reaktív töltet a nagy robbanóerejű főtöltetet a lyukba lőtte, amely így valójában egy erős gránát szerepét játszotta, amely a helyiségben robbant fel. Maga a töltet azonban meglehetősen nehézkes volt, és a kezelése bizonyos készségeket igényelt, amelyekkel általában csak a műszaki-utász századok katonái rendelkeztek. A robbantás biztonsági előírásai miatt pedig a kezelőket száz méter távolságba kellett elvinni.”<sup>988</sup> A fent leírt módon működő „kétlépcsős” fedezékrobbantó töltet elve egyébként nem volt rossz, de az OZ-1 eszköz 65 dkg tömegű főtöltetétől nem is lehetett nagyobb hatást várni még akkor sem, ha az alkalmazott robbanóanyag a hexogén volt. Ugyanakkor nagyobb töltettömegű kumulatív furatrobbantó és reaktív hajtótöltettel a kialakított furatba bejuttatott – szintén nagyobb tömegű – főtöltettel rendelkező *fedezékrobbantó készletek* megjelentek számos ország hadseregében. Ilyen például az amerikai M180 Demolition/Cratering Kit, amelynek M2A4 kumulatív töltete 5 kg B-kompozitot (hexogén-trotil keverék robbanóanyag), a főtöltet pedig 18 kg H-6 robbanóanyagot (45% hexogén + 30% TNT + 20% alumíniumpor) tartalmaz. Más országok „kihagyták” a rendszerből a főtöltetet a furatlyukba lövő reaktív részt, és kétlépcsős robbantást javasoltak: kumulatív töltettel készítik el a töltetfuratot, majd ebbe kézzel helyezik be az előre csomagolt főtöltetet. Franciaországban a 8 kg töltettömegű NR 262 kumulatív töltetet és a 21 kg-os NR 264 rombolótöltetet használták. Az angol L25A2 Rapid Cratering Kit 8,5 kg-os kumulatív töltetből és 2 db, egyenként 9,8 kg tömegű zsákolt kráterképző robbanóanyagból állt. Az osztrák Dynamit Nobel Graz által fejlesztett Rapid Cratering Kit

<sup>987</sup> Németh (1983): i. m.12.

<sup>988</sup> Юрий Григорьевич Вереме́ев (Veremejev): Подрывные заряды и средства взрывания Советской (Российской) Армии, Часть 6а – Специальные заряды ВВ промышленного изготовления. <http://saper.isnet.ru/mines-4/RA-BB-06-01.html>

készletnél a 11 kg-os NR50 jelzésű kumulatív töltet által robbantott lyukba  $2 \times 15$  kg-os, vákuumozott zsákban elhelyezett főtöltet került (72. ábra).<sup>989</sup>



72. ábra: Az osztrák Rapid Cratering Kit fedezékrobbantó működése

Forrás: Dynamit Nobel Graz, Ausztria gyártmányismertető prospektusa

Magyarországon 1999-ben készült egy műszaki tanulmány földrobbantó töltet témában, amelyet Tóth József alezredes, a Haditechnikai Intézet fejlesztőmérnöke és dr. Molnár László, a Mechanikai Művek Speciális Rt. vezérigazgató-helyettese jegyezték.<sup>990</sup> Bár a megjelenés időpontja alapján a következő alponthan kellene kitérnünk rá, de mivel egy folyamatban lévő haditechnikai fejlesztésről volt szó, publikáció nem jelent meg abban az időben erről. Ezért – a bemutatott földrobbantó eszközökhöz kapcsolódóan – itt térünk ki az anyagra. Az 52 oldalas tanulmányban a hazai talajviszonyok részletes elemzése alapján az osztrák, francia és angol fedezékrobbantó töltetekhez hasonlóan egy furatképző kumulatív töltet és előre csomagolt kráterképző robbanóanyag főtöltet

<sup>989</sup> Az egyébként jó harcászati-műszaki paraméterekkel rendelkező fedezékrobbantó készletet gyártó Dynamit Nobel Graz 2002-ben megszűnt. A Rapid Crater Kit készletet viszont megtaláljuk a brit CBR-Nergetics Limited termékínálatában. [www.cbrnergeticsltd.com/Product.aspx?iCategoryID=29](http://www.cbrnergeticsltd.com/Product.aspx?iCategoryID=29)

<sup>990</sup> Tóth József – Molnár László: *Műszaki tanulmány a „Földrobbantó töltet” megnevezésű témához*. MM. Speciális Rt., 1999.

hazai gyártásával kapcsolatban fogalmaztak meg a szerzők javaslatokat, amelyek közül néhányat idézünk:

- „A hengeres alakú kumulatív töltet robbanóanyaga fajtáját tekintve öntött hexotol (Composit B) legyen.
- A kumulatív töltet robbanóanyagának tömege 3000 g alatti legyen. Az előzőekben ismertetett vizsgálati eredményeink alapján a hazai talajtípusok penetrációja nem igényel ennél nagyobb tömegű kumulatív töltet alkalmazását. Az ilyen nagyságrendű és anyagú kumulatív töltet felrobbantásával a környezet terhelése békeidőben is elfogadható szinten tartható.
- A kráterképző robbanóanyagként alkalmazott robbanóanyag oxigénegyenlege a 0%-ot közelítse meg. Detonációssebessége optimalizáltan feleljen meg a számításba vehető talajtípusoknak, a fajlagos gáztérfogat maximalizálandó legyen. Megjelenési formája drázsírozott vagy pasztillázott legyen. A kis átmérőjű (10–15 mm) hasáb vagy gömb alakú préstestek a töltetüreg kitöltési fokát és ezzel a robbantás hatásfokát jelentősen növelhetik.
- A kráterképző töltet drázsírozott vagy pasztillázott robbanóanyag egységcsomagja a könnyű kezelhetőség szempontját is figyelembe véve 5 kg tömegű legyen. Az egységcsomag lezárása vákuumtechnikai úton legyen megoldott.
- A csomagolás alkalmával alkalmazott vákuumozás a csomagolásban jelen lévő oxigén mennyiségét, és ezzel együtt a robbanóanyag bomlásának sebességét is csökkenti.
- Egy készletben kettő-négy kráterképző robbanóanyag-csomag legyen elhelyezve.”<sup>991</sup>

A tanulmány elkészülése után egy évvel az akkori tulajdonos ÁPV Rt. leállította a gyártást az MM Speciális Rt.-ben, „holott az ipari és a honvédelmi minisztérium is azt szerette volna, hogy a cégen keresztül feleledjen a hazai lő- és robbanószergyártás”. Elkezdődött a cég végelszámolása.<sup>992</sup> A NATO-csatlakozás után már Technológiai Hivatal néven tevékenykedő Haditechnikai Intézet 2007-ben megszűnt a magyar katonai kutatás-fejlesztés önálló intézménye lenni. Hajdú Ferenc PhD-értekezésében így írt erről az időszakról: „1990-ben a Haditechnikai Intézet több mint 250 fős létszámmal oldotta meg a feladatait, míg a Fejlesztési és Logisztikai Ügynökség Technológiai Igazgatósága megalakulásával – bővülő feladatrendszer mellett – 54 fővel akar a korábbi követelményeknek megfelelni. A folyamatos átszervezések mellett egyre kevesebb ismeret marad fenn a működés korábbi sikereiből és kudarcaiból.”<sup>993</sup> Az intézet nagy tudású fejlesztőmérnökeit, köztük Tóth Józsefet is idő előtt nyugdíjazták, így a tervezett fedezékrobbantó töltet is a feledés homályába merült.

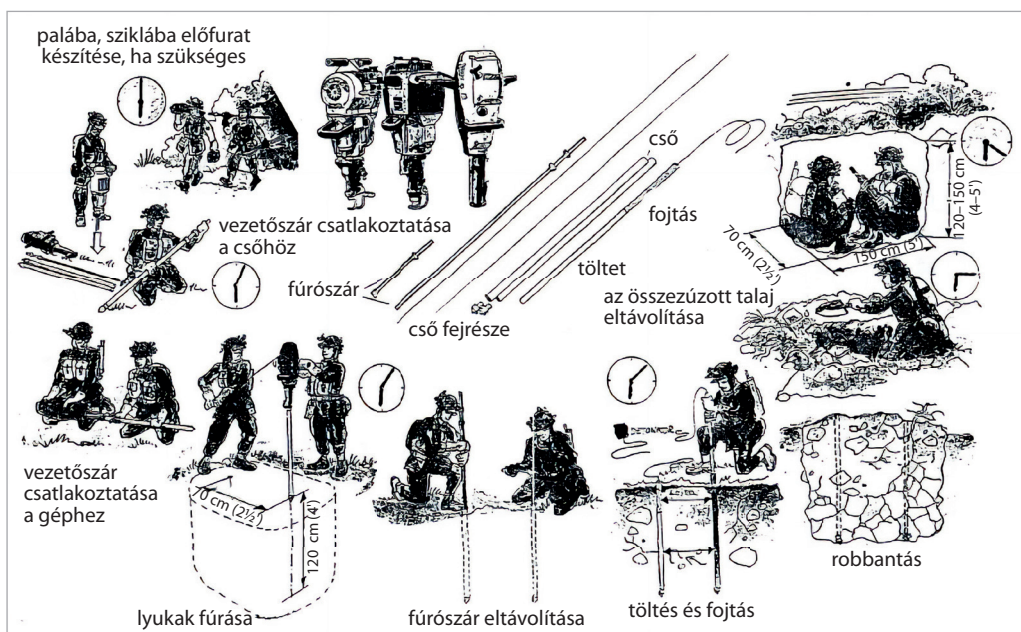
<sup>991</sup> Tóth–Molnár (1999): i. m. 50–51.

<sup>992</sup> Csendes átmenet az unióba. *Világgazdaság*, 2002. november 26.

<sup>993</sup> Hajdú (2009): i. m. 5.

### 5.3. Föld és sziklás kőzetek robbantásáról szóló cikkek 1990-től

A fedezékek alapgödreinek gyors, robbantással történő elkészítése a külföldi katonai-műszaki szakembereket is foglalkoztatta ebben az időben. A brnói Katonai Akadémia kollektívája volt a szerzője a *Műszaki Katonai Közlönyben* 1993-ban megjelent cikknek, amely a védelem műszaki berendezése során alkalmazható *hajító robbantások terén végzett fejlesztések, kísérletek* eredményeit mutatta be.<sup>994</sup> Az összefegyvernemi csapatok alegységeinél (szakasz, zászlóalj) a hagyományos sáncszerszámokon (csákány, ásólapát) kívül semmilyen más eszköz nem állt rendelkezésre az egyéni tüzelőállások, lövészgödörök és -árkok elkészítésére. Köves, sziklás talajon ezekkel szinte megoldhatatlan a védelmi építmények kiépítése, ezért egy univerzális kézi motoros fejtőberendezés alkalmazásának lehetőségeit vizsgálták a katonai szakemberek. A svéd ATLAS COPCO BEREMA által gyártott Pionjar 120/140 típusú eszközzel készített fűrőlyukakban elhelyezett robbanóanyag-töltetek alkalmazásával értek el biztató eredményeket. Az 1992-ben befejezett kutatás eredményeként kifejlesztett technológia lényege, hogy a robbanóanyaggal töltött csőszerű tölteteket fejtőkalapáccsal verik le a talajba, maximum 120 cm mélységben, majd a robbantással fellazítják a kemény közeget. Ezt követően már kézi erővel kialakítható a kívánt erősítési építmény. A technológiát a 73. ábrán szemléltették.



73. ábra: Motoros fejtőberendezéssel kombinált lazító töltetek alkalmazása

Forrás: Doležel–Zeležný–Kroupa (1993): i. m. 25. 3. sz. melléklet.

<sup>994</sup> Ludvig Doležel – Jan Zeležný – Lubomir Kroupa: Kiszegések és hajító robbantások alkalmazása a védelem műszaki berendezése során. Ford. Nemes József. *Műszaki Katonai Közlöny*, 3. (1993), 3. 15–27.



Kovács Tibor szintén 1993-ban megjelent cikkében a föld és a sziklás kőzetek robbantásának különböző módszereiről ír. Az érvényben lévő Mű/213. Robbantási utasítás földrobbantási fejezete vonatkozó előírásainak a német Pionierdienst<sup>995</sup> szabályzatban foglaltakkal történő összehasonlítása eredményeként megállapította, hogy „a két utasításban foglaltak hasonlóak, sőt némely esetekben megegyezők”.<sup>996</sup> Bemutatta a csatornarobbantásnál alkalmazható nyújtott tölteteket és az amerikai M–180 típusú óvóhely- és árokrobbantó készletet. Ez utóbbinál az 5 kg robbanóanyagot tartalmazó M2A4 típusú kumulatív töltettel robbantják ki a főtöltet számára az aknakamrát. Ebben robbantva a második töltetet, az altalajtól függően 0,8–1,8 m mély tölcser képződik. Több töltet egy sorban való elhelyezésével akár 10 m hosszú, 2,5–3,0 m mély árok is létesíthető. A tanulmány befejező részében a szerző olyan speciális anyagokat mutat be, amelyekkel a – robbantólyukaknak megfelelő – furatokban elhelyezve megrepeszthető a szikla vagy a hasonló keménységű építőanyag. A módszer fő előnye, hogy mivel nincs detonáció, nem kell sem szeizmikus, sem léglökési, sem pedig repeszhatással számolni. Ugyancsak előnyös, hogy akár zárt térben, beépített, lakott környezetben és tűzveszélyes helyeken is alkalmazható. A cikkben a CALMITTE és a BRISTAR repesztőanyagról olvashatunk részleteket.

Lukács László 1995-ben megjelent kétrészes tanulmányáról, a Magyar Honvédség robbanóanyaggal történő ellátásának helyzetéről már beszámoltunk a 2.3. alfejezetben.<sup>997</sup> A közlemény második részében egy összehasonlító kísérleti földrobbantás eredményeiről olvashatunk: harckocsi tüzelőállás robbantása a rendszeresített FRT–5 töltetekkel és ANDO–V–100 emulziós robbanóanyaggal. A homokos talajban kirobbantott tüzelőállás geometriai méretei (mélység, felső szélesség, hosszúság) közel azonosak voltak. Hasonló eredmény született harckocsiárok rész 4–4 töltettel végrehajtott összehasonlító robbantása során is, amikor 400 g-os TNT-préstesteket és ANDO–V–100 robbanóanyagokat használtak.<sup>998</sup>

A Nemes József által írt 1997-es, a Műszaki Katonai Közlönyben megjelent Kísérleti robbantások összefoglaló tapasztalatai 1996–1997 című cikkhez<sup>999</sup> néhány előzetes információ szükséges. Az előzményekről a jégvédekezési robbantásokkal kapcsolatos hazai katonai szakfolyóiratokból szemlélő, a Katonai Logisztikában 2021-ben megjelent cikkben olvashatunk.<sup>1000</sup> A Hidrológiai Közlöny 2003/1. számában Sümegi Mihály az alábbi érdekes információkat osztja meg olvasóival az ár- és jégvédekezési robbantásokkal, ezen belül abban a katonák szerepvállalásával kapcsolatban. „Az ország bármelyik pontján vettem is részt árvízvédekezésben, a robbantás mindig valamilyen nagy, hangzatos beavatkozást sejtetett. Legtöbbször én is tanulmányoztam az elért eredményt,

<sup>995</sup> Pionierdienst. Berlin, Deutscher Militärverlag, 1967.

<sup>996</sup> Kovács Tibor: Föld és sziklás kőzetek robbantása. Műszaki Katonai Közlöny, 3. (1993), 4. 19–33.

<sup>997</sup> Lukács (1995b–c): i. m.

<sup>998</sup> Lukács (1995c): i. m. 38–39.

<sup>999</sup> Nemes József: Kísérleti robbantások összefoglaló tapasztalatai 1996–1997. Műszaki Katonai Közlöny, 9. (1997), 4. 11–19.

<sup>1000</sup> Lukács–Kovács (2021): i. m. 291–340.



de szinte mindenkor csalódnom kellett azokban. Kialakult a véleményem: A robbantás nem az árvízvédekezésbe illő tevékenység! El kell kerülni, még akkor is, ha esetleg egyes, vízügyön kívüli vezető emberek szívesen látnák.”<sup>1001</sup> Elriasztó példákat is említ, így például a Rába bal parti töltésének 1965-ös robbantásos megnyitását. „A döntést megváltoztatni már nem tudtam, a katonák már elindították. A katonák másnap megérkeztek. Elhelyezkedtek. Egy napig tartott, amíg a robbantást előkészítették. Hat 15 cm átmérőjű, 6 m mély lyukat fúrtak. A furatokba ekrazitot helyeztek. Amikor minden kész volt, akkor telefon jobbra, telefon balra, amíg az engedélyt megszerezték. Újabb félnap. Végre megtörtént a robbantás. A detonáció óriási, az eredmény silány. Olyan csekély vezérárkot vágott ki a robbantás, hogy alig folydogált egy kis víz a Rábába. Viszont a detonáció a Rába töltését annyira megrázta, hogy a robbantástól jobbra-balra még 100-100 m-re is megrepedezett a töltés. Helyreállításakor mindezt át kellett építeni. A silány eredmény láttán a katonák vezetői tanakodni kezdtek, mi legyen: Robbantsanak-e még egyszer? Én viszont azt már nem vártam meg. Kértem [...] egy vonóköteles kotrót, s az délig akkora csatornát vágott, hogy csak úgy bögött be a víz a Rába hullámterére.”<sup>1002</sup> A másik – hasonlóan negatív esetként említett – árvízvédekezési földrobbantás 1980-ban történt. „1980. augusztus 1-jén délben az OVH<sup>1003</sup> hozzájárult a Körös mályvádi árvízi szükség tározójának megnyitásához és robbantás előkészítése kezdődött meg. Az idő rövidege miatt csak egy 30 m-es szakaszt jelöltek ki és láttak el furatokkal az ÁBK SZ<sup>1004</sup> robbantói. A robbantásra a honvédség vonult fel és 20:55-kor megtörtént a tározó megnyitása. Arit vízmércéje 854 cm-t, Remete mércéje 716 cm-t mutatott. Egyidejűleg a tározó töltésén megkezdődött a föliaterítés. Ezt indokolta, hogy ez a töltés még sohasem kapott vizet, másrészt hullámveréstől is tartani lehetett. A kiömlő víz mennyiségének növelésére 2-án 6:05 órakor a honvédség újabb, 25 m-es töltésszakaszt robbantott fel. A robbantásokat követően mindkét töltéscsonkon egy-egy kezdte meg a nyitás szélesítését. A végleges nyitásszélesség 77 m lett. A kiömlő vízhozam 200 m<sup>3</sup>/s-ra volt becsülhető.”<sup>1005</sup> A 2021-es cikkben az alábbiakat olvashatjuk a „katonák védelmében”. „A fenti írás kapcsán most tekintsünk el a szerzőnek a robbantástechnikai ismeretek terén tanúsított hiányosságaitól. Az Osztrák–Magyar Monarchia hadseregében rendszeresített kiváló pikrinsavas robbanóanyagot, az ekrazitot a II. világháború után a Magyar Néphadseregben felváltotta a trotil, mely az említett »katonáknak« a jelzett töltésrobbantásnál is – sajnos egyedülként – a rendelkezésükre állt. Földrobbantásra valóban nem a legalkalmasabb, egy nagyobb fajlagos gáztérfogattal rendelkező ipari robbanóanyaghoz viszonyítva.”<sup>1006</sup>

<sup>1001</sup> Sümegi Mihály: Emlékezés az 1954. és 1965. év dunai árvizeire. *Hidrológiai Közöny*, 83. (2003), 1. 43–50.

<sup>1002</sup> Sümegi (2003): i. m. 47.

<sup>1003</sup> Országos Vízügyi Hivatal.

<sup>1004</sup> Árvízvédelmi Belvízvédelmi Központi Szervezet.

<sup>1005</sup> Sümegi (2003): i. m. 48.

<sup>1006</sup> Lukács–Kovács (2021): i. m. 293–294.

„Egy töltés robbantással történő megnyitására a szükséghelyzet miatt kerülhet sor. A gyorsaság életeket, értéket menthet. A honvédségi robbantást elrendelők akkor feltehetően a legközelebbi elérhető erőhöz nyúltak. A Magyar Néphadseregnek viszont sem a földrobbantáshoz legoptimálisabb ipari robbanóanyaga, sem időzített gyutacsai nem voltak, nincsenek ma sem. A földrobbantás, ezen belül a töltés robbantásos megnyitása viszont ismert és alkalmazott eljárás a katonai gyakorlatban (lásd pl. a Mű/213. Robbantási utasítás 327. pontját és a hozzá tartozó 201. ábrát). Ez utóbbi természetesen nem békés célú technológia, hiszen egy adott terület műszaki zár készítését szolgáló elárasztására szolgál. Követhettek-e el hibát a jelzett robbantási feladatnál a katonák? A [...] szűkös idő, az egyedülként rendelkezésre álló, a célra egyébként nem legmegfelelőbb rendszeresített robbanóanyag és a pillanathatású gyutacs egyaránt behatárolták a lehetőségeiket. A katonai robbantástechnikán belül ráadásul a környezetvédelmi megfontolások sem játszanak szerepet. A jelölt időpontban ráadásul egy támadó doktrínájú katonai szervezet tagjaként (Varsói Szerződés) a katonai robbantási technológiákat kidolgozók felé ez nem is jelentkezett feladatként.”<sup>1007</sup>

A megtörtént esettel kapcsolatban Rozsnyói Péter az alábbiakat írta le a *Magyar Hidrológia Társaság II. Országos Vándorgyűlés előadásainak III. kötetében, A vízkár-elhárítási robbantások hatásai – A védelmi művek és a környezet károsodásának megelőzése* című közleményében. „Az 1980. évi nyári árvízvédekezés során elrendelt töltésmegnyitáshoz a kivezényelt egység a szemtanuk szerint mintegy 5000 kg robbanóanyagot használt fel. A tölteteket pillanathatású gyutacsokkal, egy fokozatban indították. Az előkészítésre szánt idő rövideje miatt a furatok mérete és száma, valamint a fojtás nem volt megfelelő, így a kirobbantott nyílás mérete sem érte el a tervezettet. Az 1981. évi tavaszi árvízvédekezés alkalmával ismét megnyitásra került a szóban forgó töltésszakasz. A központi robbantó csoport előzetes robbantási terv alapján, előre elkészített furatokban mintegy 1500 kg robbanóanyagot 3 fokozatban (150, 300 és 500 ms késleltetéssel) indított. A kirobbantott nyílás hosszúsága 100 m, átlagos mélysége 2 m volt. A számított szeizmikus biztonsági távolság az első esetben több mint háromszorosára adódott, mint a második esetben. A védendő létesítményekre számított rezgési sebesség ugyancsak háromszoros volt az első esetben. A példa tehát azt bizonyítja, hogy a megfelelően előkészített és tervezett robbantás kevesebb anyagfelhasználás mellett az előírásoknak megfelelően kevésbé károsíthatja a környezetet. Az előkészítéshez természetesen – az előrejelzés útján – megfelelő időt kell biztosítani.”<sup>1008</sup>

Nemes József egy munkacsoport tagjaként vett részt a gátak robbantással történő megnyitása technológiájának kidolgozásában. Az ott szerzett tapasztalatokról számolt be a fent jelzett cikkben. „1995 év végén a Körös-Vidéki Vízügyi Igazgatóság területén, kritikus árvízi helyzetben, robbantással nyitották meg a gátat. Az adott gátszakasz a mályvádi szükségtározó területén található és előre kiépített, teljes elmosás elleni

<sup>1007</sup> Lukács–Kovács (2021): i. m. 324–325.

<sup>1008</sup> Rozsnyói Péter: *A vízkár-elhárítási robbantások hatásai – A védelmi művek és a környezet károsodásának megelőzése*. III. kötet – Árvízvédelem, belvízvédelem. Pécs, Magyar Hidrológiai Társaság II. Országos Vándorgyűlés, 1981. július 1–2. 170–172.

védelmet biztosító, úgynevezett vasbeton bukószinttel rendelkezik. Az emlékezetes robbantásos gátmegnyitás korlátozott sikerrel járt, melynek főbb okai az alábbiak voltak:

- módosított robbantástechnológiai előírás;
- csökkentett töltetek;
- megváltoztatott robbanóanyag (paxit helyett TNT);
- részben visszatöltött furatok.

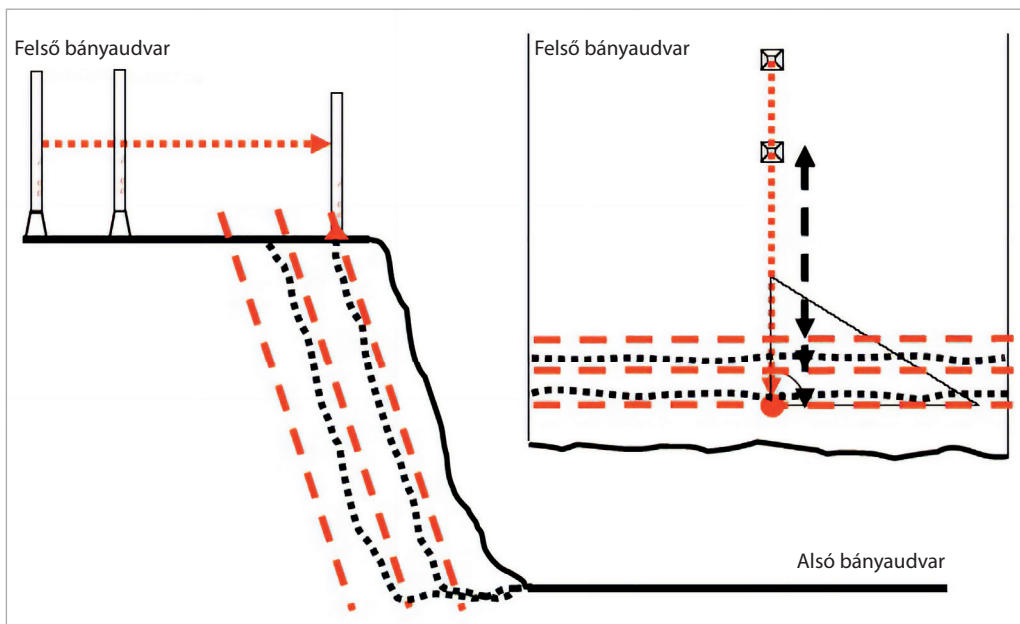
A fentiekhez járult még a beépített bukószint védelmének igénye, mely a megváltozott technikai paraméterek függvényében kétségeket ébresztett, noha annak anyagi vonzata nem állt arányban a veszélyeztetettség mértékével. Továbbá szerepet játszott a rendkívül hideg időjárás, aminek következtében a robbantás nem hozta meg a várt hatást, mivel a talajkivetés csak részben történt meg és a tervezett vízátbocsátó keresztmetszet csak töredéke volt a kívánatosnak. Az esetet a későbbiekben szakértői bizottság vizsgálta ki, melynek megállapításait követően elhatározás született a gátmegnyitási technológia továbbfejlesztésére és a szerzett tapasztalatok általánosítására.”<sup>1009</sup> A kísérleti robbantásokra a Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium K+F 1996–97. évi programja keretében 1996. november 13-án és 1997. május 29-én került sor, ezekről részletes leírást ad cikkében a szerző. A végeredmény megnyugtató volt, sikerült megfelelő hatékonyságú, ugyanakkor a környezetvédelmi előírásokat is a lehetőségek szerint figyelembe vevő robbantási technológiát kidolgozni.

A műszaki-katonai feladatok során *külszíni bányaműveléssel* is foglalkozniuk kell az utász alegységeknek, például építési kő biztosítása okán. A Robbantási utasításban a töltetek számítása megtalálható, viszont a végrehajtáshoz *szükséges fúrólyukak elkészítésére* vonatkozóan már nem találunk benne útmutatást. Nemes József 2004-ben megjelent cikkében<sup>1010</sup> ezzel a kérdéssel foglalkozik, a főiskolai műszaki tisztképzés során elsajátított *geodéziai ismeretek* segítségével történő *fúrólyukkitűzés* bemutatásával. A cikk elején a szerző összefoglalja azokat a hibalehetőségeket, amelyek egy egyszerű mérőszalagos mérésnél például a terepdőlés miatt keletkezhetnek. Ugyanígy jelentős eltéréseket okozhatnak a lyukkitűzésnél a homlokfal és a felső bányaudvar síkjának találkozásában a terep leszakadásai, letörései, amelyek nem adnak egzakt vonalat. Végül pedig a fúrás hely felszínének görbületei, egyenetlenségei tovább fokozhatják az eltérést a tervezetthez képest a fúrólyukak pontos helyének kitűzésekor.

A Nemes által javasolt módszer alkalmazásakor a tervezett fejtési front irányába kellő távolságra jól azonosítható fix mérőpontokat telepítenek, amelyek összekötő egyenes tengelye merőleges a művelési pontra. Az így kijelölt egyenes mentén egyszerű mérőszalaggal már kijelölhető az első, majd az ahhoz igazodó további fúrólyuk sorok (74. ábra).

<sup>1009</sup> Nemes (1997): i. m. 11–12.

<sup>1010</sup> Nemes József: Egy elfelejtett robbantás-előkészítési geodéziai eljárás, kőbányászati robbantások során. *Műszaki Katonai Közlöny*, 14. (2004), 1–4. 127–136.



74. ábra: Lyuksorok helyének kijelölése fix mérőpontból

Forrás: Nemes (2004): i. m. 132.

A teodolit segítségével a fúrólukakat az alábbiak szerint jelöli ki:

- „Álljunk fel a megadott pontra a műszerrel és állítsuk be azt vízszintes síkba úgy, hogy a háromszög lábak közül egy, a művelési ponttól távolabb eső, a kijelölt mérő egyenesbe, a másik kettő, a bányafal pereméhez közelebb eső, az összekötő képzeletbeli egyenesre merőlegesen essék.
- A távcsövet irányozzuk a mérőpontok által kijelölt egyenessel párhuzamosan úgy, hogy az a művelési fronttal ellenkező irányába nézzen, és rögzítsük az álló tengelyt.
- Ezután a távcsövet emeljük meg a tervezett metszősíkra (homlokra) jellemző szöggel és a leolvasó segítségével állítsuk be megfelelő „a” szögértéket és rögzítsük a fekvő tengelyt.
- Majd, a geodéziai gyakorlatból teljesen szokatlan módon, a kitűző egyenesbe eső, nagyobb terpesztésű, leszúrt láb csavaros rögzítését feloldva, addig engedjük összezsúszni azt, amíg a távcső vízszintes állásba nem kerül. Ebben a helyzetben a műszer limbusz körének síkja 90-a szöget zár be a vízszintessel.
- Oldjuk fel az álló tengely rögzítését és az alhidádét forgassuk el a függőleges tengelye mentén 90 fokkal bármely irányba, és újra rögzítsük.
- Most az alhidádé magassági körét oldjuk fel, és a távcsőbe tekintve, a fekvő tengelyen billentve, bármely szögállásban a keresett síkban mozgunk. Tehát — a kitűző rúd alsó csúcsát leszúrva — kijelölhető a metsző sík terepen kirajzolódó görbéjének bármely pontja.

Az ilyen módon meghatározott görbe mentén mérőszalaggal kitűzhetőek a fűrólyukak helyei adott távolságra.”<sup>1011</sup>

*A katonai földrobbantási feladatok során*, ahogy ezt már fentebb, a Halasi Géza által írt cikknel is bemutattuk, gondot jelent a késleltetett működésű villamos gyutacsok hiánya. A *NONEL* gyújtási rendszer bevezetésével a Magyar Honvédségnél is megjelenő késleltetett gyutacsok és csatlakozók jelentette lehetőségekről szóló, *Lukács László által 2006-ban* írt cikkben<sup>1012</sup> foglaltakról már beszámoltunk a 2.3. alfejezetben.

*Az ipari robbanóanyagok katonai célú földrobbantási feladatok* során történő alkalmazhatóságának kérdéséről szóló, *Tóth József* által írt 2007-es cikkre<sup>1013</sup> ugyancsak kitértünk a robbanóanyagokkal foglalkozó 2. fejezetben. Most csak a Lukács Lászlóval közösen szervezett 2001-es kísérleti földrobbantások eredményét idézzük a tanulmányból. A Magyar Honvédség Technológiai Hivatal Lőkísérleti és Vizsgáló Állomásán, Táborfalván történt bemutató robbantások során 3-3 töltettel robbantottak harcokcsíárokrész katonai 400 g-os TNT-préstestek, továbbá hazai gyártású ANDO–V és EMULGIT 42GP, valamint cseh EMSIT emulziós robbanóanyagokkal. A robbantás eredményeit a 9. táblázat foglalja össze.

9. táblázat: Harckocsiárokrész robbantásának eredménye

| Robbanóanyag  | Egy töltet tömege (kg) | Árokmélység (m) | Árok felső szélessége (m) | Árok felső hosszúsága (m) |
|---------------|------------------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|
| 400 g-os TNT  | 25                     | 3,03/100%       | 8,1/100%                  | 10,9/100%                 |
| ANDO–V–100    | 25                     | 3,0/99%         | 8,2/101%                  | 12,4/114%                 |
| EMSIT         | 25                     | 2,7/89%         | 7,0/86%                   | 10,4/95%                  |
| EMULGIT 42 GP | 25                     | 2,73/90%        | 8,8/109%                  | 11,9/109%                 |

Forrás: Tóth (2007): i. m. 168.

„Az eredményeket értékelve megállapítható volt, hogy összességében csekély eltérés mutatkozik a katonai gyakorlatban eddig kizárólagosan alkalmazott trotil, valamint az emulziós robbanóanyagok hatása között. Ennek alapján javaslatot tettünk a Magyar Honvédség műszaki-technikai szolgálatfőnökének, az emulziós robbanóanyagok földrobbantási feladatokra történő rendszeresítésére a honvédségen belül. Sajnálatosan, a mai napig nem történt előrelépés e területen.”<sup>1014</sup>

Ugyanezzel a témával foglalkozott *Lukács László* egy 2015-ben megjelent cikkében, amelyet szintén bemutattunk a 2. fejezetben.<sup>1015</sup> A Nemzeti Közszerződési Egyetemen 2017-ben kiadott könyve egyik alfejezetében is olvashatók a környezetkímélő katonai robbantások, ezen belül kiemelten a földrobbantás végzéséhez kapcsolódó javaslatok.<sup>1016</sup>

<sup>1011</sup> Nemes (2004): i. m. 133–134.

<sup>1012</sup> Lukács (2006a): i. m.

<sup>1013</sup> Tóth (2007): i. m.

<sup>1014</sup> Tóth (2007): i. m. 168

<sup>1015</sup> Lukács (2015b): i. m.

<sup>1016</sup> Lukács (2017b): i. m. 5.2.1. alfejezet. 196–208.

Az illetékes katonai környezetvédelmi szakemberek érdeklődését a megkeresés ellenére sajnos ezek sem keltették fel, ahogy erről Tóth József is írt. Hivatalos formában az elmúlt évek során egyedül az *MH Összhaderőnemi Logisztikai Támogató Parancsnokság* által az MH Szárazföldi Vezérkar számára készített *2001-es jelentésben* szerepelt az elképzelés esetleges megvalósításának ötlete. A Lukács László által a Műszaki-technikai Szolgálatfőnökség részére összeállított anyagban<sup>1017</sup> foglaltakból az alábbi mondat került az előterjesztésbe: „földrobbantási feladatok elvégzéséhez javasolom pótrobbanóanyagként az emulziós robbanóanyagok bevezetését”.<sup>1018</sup> A szervezet megszűnésével a kérdéssel senki sem foglalkozott a továbbiakban.

A robbantás szeizmikus hatásával már Alfred Stettbacher is foglalkozott a korábban bemutatott, a *Műszaki Szemlében* megjelent 1929-es cikkében.<sup>1019</sup> Kis Miklós fizikus a *Műszaki Katonai Közlönynek* írt 2008-ban egy cikket, amelyben a robbanások szeizmikus hatásával kapcsolatos tudnivalókat foglalta össze nagy részletességgel.<sup>1020</sup> Tanulmánya összefoglalójában a kérdés fontosságára is felhívta a figyelmet. „Az erősödő környezetvédelem, a települések terjeszkedése, az ember természetes igénye a nyugalomért egyre jobban előrehozza a robbantással, vagy más úton keltett rezgések csökkentésére irányuló törekvéseket. A robbantástechnika és -technológia ilyen irányba történő fejlesztése nem képzelhető el a robbantásoktól származó hullámok keletkezésének, terjedési törvényeinek és hatásainak ismerete nélkül. A környezetvédelem és a költségcsökkentés igénye feltehetően olyan kompromisszum keresésére fog irányulni, mely mérésekre alapított számításokat tartalmaz. Ez a tanulmány azt a célt szolgálja, hogy rámutasson azokra a kompromisszumokra, amelyekkel a robbantásoknál számolni kell, a robbantástechnológia szeizmikus méréssel történő ellenőrzési lehetőségére, korlátaira, más kiegészítő és szükséges adatgyűjtésre. A hullámok terjedésére vonatkozó ismeretek lehetővé teszik a kritikus helyek felmérését, az esetleges anomális viselkedés meghatározását és értelmezését. Ugyanígy lehetővé válik a robbantások környezetében levő építményekre jutó rezgések nagyságának számíthatósága, az építmény viselkedésének és az építményre jutó rezgések károsító hatása által keltett kár mértékének becslése is. Ezek az ismeretek lehetővé teszik, hogy a robbantást végzők átfogó képet alakítsanak ki a bánya tevékenységének környezeti hatásairól, és megfelelő módon tudjanak reagálni a kényszerítő körülményekre is.”<sup>1021</sup>

Az ipari robbantástechnikában a robbantások során keletkező szeizmikus rezgési sebességek megengedett értékeit – a védendő építmények, létesítmények függvényében – az *Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat (ÁRBSZ)* írja elő.<sup>1022</sup> Földesi János

<sup>1017</sup> Lukács László: *Javaslat a műszaki harcanyagok és harceszközök fejlesztésének irányaira – tanulmány az MH MŰTSZF szolgálat főnök részére.* Budapest, 2001a.

<sup>1018</sup> Jelentés a műszaki harcanyagok helyzetéről – az MH Összhaderőnemi Logisztikai és Támogató Parancsnokság parancsnokának előterjesztése a Honvéd Vezérkar számára. Nyt. szám: 1402/2001. 9–11. és 13.

<sup>1019</sup> Stettbacher (1929b): i. m.

<sup>1020</sup> Kis Miklós: A robbantások szeizmikájának problémái. *Műszaki Katonai Közlöny*, 18. (2008), 1–4. 69–102.

<sup>1021</sup> Kis (2008): i. m. 93–94.

<sup>1022</sup> Jelenleg a 27/2022 (I. 31.) SZTFH rendelet Az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatról. *Magyar Közlöny*, (2022. január 31.), 17.



2016-ban, ugyancsak a *Műszaki Katonai Közlöny*ben megjelent cikkében az itt szereplő értékek hibás voltára hívta fel a figyelmet.<sup>1023</sup> Bevezetőjében így fogalmazott: „Robbantások műszaki leírásának készítésénél minden esetben meg kell határozni a szeizmikus biztonsági távolságot, és a várható rezgési sebesség értékét. Gyakorlati tapasztalatok, és a tanulmányban bemutatott példák alapján egyértelmű, hogy a tényleges szeizmikus rezgési sebességek nagyobbak lesznek, mint az ÁRBSZ vonatkozó összefüggésével számított rezgési sebességek. A mért és számított rezgési sebességek különbözőségét a 'K' tényező hibás megválasztása eredményezi, mert 'K' rögzített értékei csak részben veszik figyelembe a robbanóanyag és a közet jellemzőit, az akusztikus és geometriai illesztés tényezőjét, és a védendő objektumoknál az alapozási talaj fizikai jellemzőit. A tanulmányban javaslatok kerülnek megfogalmazásra az új ÁRBSZ előírásainak megváltoztatására, úgymint: a mértékadó töltet, az ipari és bányászati robbantásokkal keltett rezgési sebességek megengedhető értékei és a várható rezgési sebesség értéke.”<sup>1024</sup>

A földrobbantással foglalkozó cikkek sorában Lukács László 2017-ben megjelent cikke az utolsó, amelyben a földrobbantás elméletének és gyakorlatának fejlődését részletezi.<sup>1025</sup> Bevezetőjében így foglalta össze a tanulmány tartalmát: „A talajok és sziklás kőzetek robbantásos megmunkálása két nagy csoportra osztható. A bányaművelés (föld alatti és földfelszíni egyaránt) és a közlekedésépítési robbantások (alagutak, bevágások stb. létesítése) legtöbbjénél a cél az adott közegben lévő anyag repesztése, törése, aprítása, az anyag nagyobb távolságra történő elhajításának igénye nélkül. A másik nagy csoportba a különböző földművek (árkok, alapgödörök) robbantásos kialakítása tartozik. Ennél a feladathoz a zúzásokon kívül azt is elvárjuk, hogy nagy mennyiségű anyag kerüljön kiemelésre, kidobásra az adott szelvényből. Hosszú időn keresztül elsősorban katonai feladatoknál jelentkezett ez az igény, ahol a gyors munkavégzés követelménye háttérbe szorította a felhasználandó robbanóanyag jelentős költségeit. A tanulmányban a talajok és sziklás kőzetek ez utóbbi, úgynevezett hajító robbantásának szabályait tekintjük át. A vizsgálódás során a katonai robbantástechnika szabályozói között tallózunk az 1800-as évek végétől, napjainkig.”<sup>1026</sup> A közlemény végén az alábbi következtetést vonta le a szerző: „Mai földrobbantási szabályaink kiállják az idő próbáját, ennek ellenére vannak olyan részletkérdések, melyek nagyobb figyelmet igényelnek akár a múlt példáit, akár a mai ipari robbantástechnika eredményeit vizsgáljuk. Ezek egyrészt az utasítások gyakorlati használhatóságára, másrészt a földrobbantások előkészítésének technikai biztosítására, végezetül (de nem utolsósorban) a robbantás kedvezőtlen környezeti hatásainak mérséklésére vonatkoznak.”<sup>1027</sup>

<sup>1023</sup> Földesi János: A várható rezgési sebesség előzetes becslésének hibája a jelenleg érvényes ÁRBSZ vonatkozó összefüggése szerint. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26. (2016), 1. 12–25.

<sup>1024</sup> Földesi (2016): i. m. 12.

<sup>1025</sup> Lukács László: Szemelvények a földrobbantás elméletének és gyakorlatának fejlődéséből. *Műszaki Katonai Közlöny*, 27. (2017a), 1. 25–46.

<sup>1026</sup> Lukács (2017a): i. m. 25.

<sup>1027</sup> Lukács (2017a): i. m. 46.

## 6. A robbanás egészségügyi hatásaival foglalkozó cikkek a katonai szakfolyóiratokban

„A katonai traumaellátás története egy több ezer évig tartó fejlődési folyamatot ölel fel. Amikor Emmanouil Pikoulis, az athéni Nemzeti és Kapodistrias Egyetem professzora és munkatársai átekintették az Iliászban ismertetett sérüléseket, kiderült, hogy a nyílvevő sebek okozta halálozási arány 42 százalék, a parittyával okozott sebeké 67 százalék, a lándzsával okozottaké 80 százalék, a karddal okozottaké pedig 100 százalék volt. A magas halálozási arányok arra utalnak, hogy a sebészek a közelharc során nem tudtak eljutni a sebesült katonákhoz, és csak a magasabb rangúakat vagy azokat kezelték, akik a csata befejezése után is életben maradtak” – olvashatjuk a HázPatika online folyóirat 2022 márciusában megjelent cikkében.<sup>1028</sup>

Ujhelyi Péter könyvében nyomon követhetjük a „hadi orvoslás” 1657–1780 közötti fejlődését Ausztriában és Magyarországon,<sup>1029</sup> de a leírtak egyáltalán nem tartoznak az egészségügy történelmének dicsőséges lapjaira.

„Orvosi személyzetnek a császári hadseregben való jelenlétéről már a XV. század végéről vannak híreink, az egészségügyi szolgálat általában mégis igen gyarló állapotban lehetett. Legalább erre mutat báró Schwendi Lázár császári tábornok 1593-ban Frankfurtban megjelent »Kriegsdiscurs« című műve, melyben a jeles író arról panaszkodik, hogy a hadsereg betegei, különösen Magyarországon sokszor csakis azért pusztulnak el, mert orvosok nélkül szűkölködnek. II. Rudolf 1598. évi rendelete az orvosi kart két részre osztja: orvosokra (medici) és sebészekre (Wundarzte). Ezzel kezdődött az az áldatlan szakadás, mely az orvosi tudomány két legfontosabb ágát és annak képviselőit egészen a XVIII. század végéig ellenségekként állította egymással szembe. Mert a tábori sebészek és a tábori orvosok közt a szó szoros értelmében állandóan kutya-macska viszony uralkodott. Minderer Raimund szerint a tábori sebészek sohasem akarták a orvosok tanácsát elfogadni s a feszültség oda fejlődött, hogy egyes tábori sebészek nyilvánosan hirdették: »a orvosok semmit sem értenek a seborvosláshoz, a chirurgiához.« Viszont a tábori sebészek között olyanok is voltak, akik a borbély címet sem érdemelték meg. [...] Mivel béke idején katonaság nem volt, állandó katonai egészségügyi intézetekről sem lehetett szó. Ellenben a XVI. századbeli török háborúból származik a császári hadseregben a tábori kórházak eredete. A tábori kórházat közadakozásból akarták felállítani. II. Rudolf 1594-iki rendeletével meghagyja, hogy a betegek és sebesültek ellátásának céljaira a papok a hívők seregei között minden vásár- és ünnepnapon gyűjtést rendezzenek s ezt a rendeletet az 1598-iki birodalmi határozat megismétli.»<sup>1030</sup>

„I. Lipót uralkodásának első felében az orvosi személyzet szervezete változatlan maradt, sőt a katonai egészségügyi szolgálat még a XVII. és XVIII. század küszöbén,

<sup>1028</sup> A hadiorvoslás története: így javultak a túlélési esélyek. *HázPatika*, 2022. március 17.

<sup>1029</sup> Ujhelyi Péter: *Az állandó hadsereg története I. Lipót korától Mária Terézia haláláig (1657–1780)*. Budapest, Magyar Tudományos Akadémia Könyvtár és Információs Hivatala, 1914.

<sup>1030</sup> Ujhelyi (1914): i. m. 84–86.

vagyis Savoyai Jenő korában sem volt jobb állapotban. A csapatoknál az orvosi szolgálatot a tábori sebészek látták el, akik még mindig a tizedessel voltak egy rangban s mondhatjuk egy műveltségi fokon is. [...] Állandó egészségügyi intézetek felől még ebből a korból sincsenek híreink, mégis valószínűnek kell tartanunk, hogy állandó katonai kórházak az állandó hadsereg felállítására óta már léteztek.

A tábori kórházakat a XVII. században, a hadjáratok elején az állam állította fel. De e tekintetben is sokszor követtek el mulasztást. A kórházak felállítása vagy elkészt, vagy a pénzhiány miatt egészen el is maradt. Persze ilyen körülmények között sokkal több katona pusztult el betegségek, rossz ápolás és nyomorúságos élelmezés következtében, mint az ellenség fegyverétől, ahogy egy akkori udvari tanácsos »Oeconomia militaris« című művében írja. Még ha felállították is a kórházat, sok minden hiányzott ahhoz, hogy az jól működhessen. Rendszerint csak 2 orvos volt benne, a többi mind tudatlan sebész.<sup>1031</sup>

„Az orvosi személyzet szervezete tekintetében a XVIII. század elején annyiban kezdődik új korszak, amennyiben az 1718-ik évi február 26-iki rendelettel ezredenként 1-1 ezredsebészi állást rendszeresítettek, a századoktól pedig elvették a tábori sebészeket s az ezredtörzshöz osztották be őket, szám szerint a gyalogságnál 10-et, a német lovasságnál 6-ot, a huszárezredeknél pedig 4-et. [...] Ugyanez a rendelet az orvosi személyzet kiegészítése tekintetében is fontos változást léptet életbe, mert a tábori sebészek felvételét nem bízta többé az ezredparancsnok kénye-kedvére, hanem vizsgától teszi függővé. Elrendeli ugyanis, hogy ezentúl csak olyanokat lehet tábori sebészi szolgálatra felfogadni, akik megelőzőleg a protomedikus,<sup>1032</sup> vagy a császári törzschirurgus<sup>1033</sup> előtt vizsgát tettek s annak alapján testimoniáltak<sup>1034</sup> szereztek. [...]»

A tábori-kórházak felállítása tekintetében ugyanolyan viszonyokat találunk, mint I. Lipót alatt. Vagy elkésnek a kórházak felállításával, vagy egyáltalában nem is állítanak fel s még ha tényleg van is tábori kórház, a kevés számú gyógy személyzet és a nyomorúságos felszerelés miatt nem felel meg. Savoyai Jenő úgy segített magán, hogy a kórházi ápolást igénylő sebesülteket, amilyen gyorsan csak lehetett, elszállította a hadszínterről és a községekben magán ápolásba adta át.<sup>1035</sup>

„Mária Terézia 1749. évi első szabályzata az orvosi személyzet szervezetén és szolgálatán még nem sokat változtat. De a katonai egészségügy elmaradott állapota sem kerüli el a királynő figyelmét, ki nemsokára hozzálát, hogy bölcs orvosi tanácsadója, Van Swieten segítségével a tábori sebészek tekintélyét emelje, az egészségügyi szolgálatot jobb karba helyezze s tényleg már 1752. június 20-án kelt rendeletével az ezred-chirurgusi címet adományozta az ezredsebészeknek s kivonta őket az ezredes botja alól. Az 1755-ik évi január 4-én kelt rendelet az ezredsebészeknek a hadnagyi, alsebészeknek a zászlósi

<sup>1031</sup> Ujhelyi (1914): i. m. 176.

<sup>1032</sup> Országos főorvos. Az első protomedicus 1786-tól Veza Gábor volt, az orvosi kar igazgatója. (Demkó Kálmán: *A magyar orvosi rend története*. Budapest, 1894. 527.)

<sup>1033</sup> Törzssebész.

<sup>1034</sup> Tanúsítvány, oklevél.

<sup>1035</sup> Ujhelyi (1914): i. m. 228–230.

rendfokozatot adományozza, kikötvén azonban, hogy a rangsorban a legutolsó hadnagy, illetve zászlós után sorolnak.

Az egyidejűleg kiadott udvari haditanácsi rendelet ezen kívül az ezred-chirurgusoknak a havi díjon felül az ezred pénztárából évenként a gyalogságnál 300, a lovasságnál 200 forintot rendel kifizetni s különösen hangsúlyozza, hogy az ezred-chirurgusok és az alsebészek immár tisztí rangot nyertek s így semmiféle tekintetben sem szabad velük tiszthez nem méltó módon bánni. Igaz, hogy egy alig 6 héttel ezután, 1755 február 27-én kelt rendelet ezen kedvezményeket a lovasságnál szolgáló orvosi személyzettől »különböző okoknál fogva« részben visszaszívja s elrendeli, hogy a lovasságnál az ezredchirurgus rangban a legfiatalabb zászlós után következik, az alsebészek pedig a prima-plana<sup>1036</sup> személyzetéhez tartoznak, az 1755-iki intézkedések mégis hatalmas lépést jelentenek az orvosi személyzet tekintélyének növekedésében. [...]

Ami az orvosi kar kiegészítését illeti, az 1718. évi rendelettel behozott vizsgák nem igen lehettek valami nagyon szigorúak, s a protekció éppen a tábori sebészek kinevezésénél dühöngött a legjobban. Tisztek volt inasai a teljesített szolgálatokért tábori sebész, sőt ezredsebész gyanánt is alkalmaztattak. A hadseregben szolgáló chirurgusok legnagyobb része ilyenformán közönséges, tudatlan borbély és kuruzsló volt, a kinél a chirurgus elnevezés nem azt akarta jelenteni, mintha a sebészeti tudomány és művészet mestere lett volna, hanem ellenkezőleg, azt akarta kifejezni, hogy nála az orvosi kiképzés teljesen hiányzott.

Mária Terézia figyelmét nem kerülték el ezek a szomorú állapotok. Hogy valamiképpen segítsen, fentebb már említett 1755. február 27-iki rendeletével az ezredparancsnokoknak az ezredchirurgusok és tábori sebészek önkényes felfogadását és elbocsátását megtiltotta, s elrendelte, hogy ezentúl ha valamely ezrednél sebészi hely üresedik meg, annak betöltését az udvari hadi tanácstól kell kérni, utóbbi azután, a bécsi egyetem orvosi fakultásával párhuzamos, tábori sebészi tanfolyamon kiképzett sebészekből pótolta a hiányt. Még ezek a rendszabályok is csak nagyon kis mértékben segítettek a bajon, mert a többnyire minden előképzettség nélküli hallgatókból az egyetemi tanfolyamon sem faraghatott értelmes és ügyes tábori sebészeket. Ezután is előfordult tehát, hogy a tanfolyamból olyan seborvosokat küldtek a csapatokhoz, akik a legegyszerűbb kötést sem tudták alkalmazni, tapaszt nem tudtak felragasztani, még kevésbé nevüket olvashatóan leírni. [...]

A könnyű sebesülteket a tábori sebészek bekötözték és a harczvonalba küldték vissza. A súlyos sebesülteknél az első kötést alkalmazták s a készen álló kocsikon a hátul fekvő kórházakba szállították vissza. A betegekből u. n. rokkant különítményeket alakítottak, melyek mindenike mellé két nyugállományú vagy rokkant tisztet osztottak be, kik közül az egyik a szállítmányt vezette, a másik az élelmezésről, előfogatokról gondoskodott. A különítményekhez ezen kívül két tábori orvos, két törzschirurgus, néhány tábori orvos és két altiszt is be volt osztva. A 7 éves háborúban az egészségügyi szolgálat nagyon gyengén működött. Előfordult, hogy a csata után a sebesültek a környék falvaiban úgy

<sup>1036</sup> A század nem sorállományban álló személyzete, a tisztek, altisztek és karnagyok.

elszéledtek, hogy csak hetek multával lehetett őket összeszedni. A torgauai csata után 3000 sebesült hat napig rendes ételmezés és orvosi segítség nélkül kóborolt ide-oda. Ugyanígy nyomorúságosan működött az egészségügyi szolgálat a bajor örökösödési háborúban is. Jóllehet az ellenséggel való összeütközésre alig került a sor, az orvosi személyzet tudatlansága és tapasztalatlansága az egészségügyi szolgálat hiányos volta mégis olyan mérvben nyilvánult, hogy II. Józsefet az egészségügyi berendezések sürgős és alapos reformálására indította.”<sup>1037</sup>

A reformok közül a legjelentősebb az Institutum Medico-Chirurgicum Josephinum megalapítása volt Bécsben, amiről Schultheisz Emil az *Orvosi Hetilap*ban 1969-ben megjelent cikkében olvashatunk.<sup>1038</sup>

II. József egészségügyi reformjai közül a legjelentősebb a Bécsben 1785-ben megalapított Collegium-Med.-Chir Josephinum létrehozása volt. „A katona-egészségügy újjászervezését Brambilla javaslatára és tanácsai alapján kezdte meg. A reformok célja a katonaorvosok magasabb szintű oktatása mellett az eddig elhanyagolt sebészetnek, mint önálló tudománynak fejlesztése. [...] A terv egyszerű és világos: olyan főiskolai rangú intézetet kell létrehozni, amelynek felépítése hasonló az egyetem orvosi karának struktúrájához, és amelynek tanári kara olyan tekintélyű, mint az egyetemi orvosprofesszorok. Brambilla elgondolása szerint a tantestület egyúttal tudományos társaságot kell hogy alkosson, mely — a párizsi »Académie Royal de Chirurgie« mintájára — a sebészet elméleti kérdéseinek vizsgálatával, a kutatómunka irányításával is törődik s így a diszciplinának, mint tudománynak fejlődését igyekszik előmozdítani. [...]»

A katonaorvosi oktatás újjászervezésével egyidejűen minden nagyobb helyőrségben katonai kórházakat állítottak fel. Hogy az ilyen vonatkozásban valóban felvilágosultan gondolkodó II. József a beteg vagy sebesült közkatonák korszerű egészségügyi ellátását igyekezett biztosítani, kiviláglik a hadsereghez néhány nappal halála előtt intézett búcsúparancsából is: »Semmit, ami a megbetegedett, vagy megsebesült legénység gyógyítására, állapotának könnyítésére kitaláltak, soha nem hagytam figyelmen kívül, és minden egyes ember becses volt számomra ...«<sup>1039</sup>

A 18. század közepén [...] Európa legtöbb államában még kétféle gyógyító kar működött: a tanult, magasan kvalifikált orvosok és a kezdetben még céhekbe tömörült sebészek. [...] A seborvosok magasabb kvalifikációjával akarták elérni az orvosi kar egységesítését. A császár parancsára az Akadémia teljes tanfolyamát végzettek sebészdoktorrá promoveáltak.<sup>1040</sup> Ez a tény már önmagában döntően befolyásolta a sebészek helyzetét, kiemelve őket az iparosok közül. [...]

A Josephinum alapításakor Európa legkorszerűbb ilyen jellegű intézménye. Számos államban létesítettek rövid időn belül hasonló akadémiát éppen a bécsi mintájára, amelyek mind kitűnően megfeleltek a célnak. [...]

<sup>1037</sup> Ujhelyi (1914): i. m. 325–328.

<sup>1038</sup> Schultheisz Emil: Institutum Medico-Chirurgicum Josephinum. *Orvosi Hetilap*, (1969), 14. 798–800.

<sup>1039</sup> R. Kralik, *österr. Geschichte*. Wien, 1916. 229.

<sup>1040</sup> Doktorrá avatás.

A napóleoni háborúk idején az intézet már erősen hanyatlóban volt, úgy, hogy reorganizációja elengedhetetlenné vált. Néhány éves szünet után 1824. november 6-án nyitották meg újra, most már azzal a céllal, hogy itt teljes orvosi és sebészi (tehát nemcsak seborvosi!) kiképzésben részesüljenek a hallgatók. [...]

Az Akadémia második periódusa a forradalom évével záródik. Az 1848—49. évi észak-olaszországi hadjárat a császári hadegészségügyi szolgálatot igen nagy próbára tette. 1848-ban a Josephinum csaknem valamennyi hallgatója a Lombardiában küzdő csapatokhoz került. Egykorú leírások szerint működésük nem csekély dicsőséget hozott alma materüknek.

A tábori sebészek teljesítménye oly jelentős volt, hogy a Santa Lucia mellett vívott csatában véghezvitt heroikus munkájukról Radetzky tábornagy is a legnagyobb elismerés hangján szólt. A katonaorvosok sikeres működése azonban nem volt elegendő az egyetem orvosi fakultásának megbékítéséhez. Az Akadémia másodízben is kénytelen volt bezárni kapuit. 1849-ben az egyetem orvosi kara az egyetem központi épületéből átköltözött a Josephinum akkor már történelmi termeibe. Miután az Akadémiát 1848-ban bezárták, rövidesen ismét nagy lett a hadseregben az orvoshiány. Ezen az sem segített, hogy az egyetem orvosi karán az ún. »alacsonyabb kurzuson«, amelyhez hasonló volt a hazai »polgári sebész« képzés, mintegy 400 sebészt igyekeztek felkészíteni. Három év múltán az egyetem megszüntette az alacsonyabb szintű sebészoktatást. Így újfent felmerült az önálló tábori sebészképzés gondolata.

1852 januárjában a régi épületben megnyílt Kari Heidler rektorátusa alatt a kétéves seborvosi tanfolyam. Miután ez a kurzus sem váltotta be a hozzáfűzött reményeket, nem volt képes a katonaorvos-hiányt sem minőségileg, sem mennyiségileg pótolni, 1854. október 22-én megkezdődött a Josephinum harmadik, egyben utolsó, teljes értékű, európai szintű akadémiai működése.

Az intézet egyenrangú lett az egyetem orvosi fakultásával, ugyanolyan tudományos grádust adott, mint az. Öt évig tartó tanulmányai alatt a növendék ugyanazokat a tárgyakat hallgatta, mint az egyetemi fakultás hallgatói, sőt azon túlmenően higiéniét is, amely szigorlati tárgy lett. [...]

A hiányok pótlására azonban szükséges volt egyidejűen az alacsonyabb sebészi tanfolyam fenntartása is. Ezen a három esztendeig tartó tanfolyamon olyan hallgatók vehettek részt, akik a 4 gimnáziumot végezték el. A kurzus abszolválása után »patronus chirurgiae«<sup>1041</sup> lett a jelölt. Ezzel ismét eltávolodott a Josephinum eredetileg kitűzött céljától, de megfelelt a gyakorlatnak, amely Európa szerte csaknem a századfordulógig megőrizte ezt a kettősséget. Röviddel az általános hadkötelezettség bevezetését követően, 1874-ben végleg bezárták az Akadémiát. Úgy gondolták ugyanis, hogy ezután mindig elegendő katonaorvos áll majd a hadsereg rendelkezésére. 1914-ig már csak egy katonaorvosi továbbképző tanfolyam működött az épületben (K.u.K. Militärärztliche Applikationsschule)."

<sup>1041</sup> Polgári seborvos/sebész.



Az Ujhelyi Péter által a korabeli katonai egészségügyről bemutatott osztrák és magyar állapotok nem voltak kirívók Európa más országaihoz viszonyítva. Ez alól talán Franciaország jelentett kivételt, ahol a napóleoni háborúk (1792–1815) kiemelkedő katonai sebésze, a modern katonai traumatológiai ellátás megteremtőjének tartott Dominique-Jean Larrey báró szervezte újjá az egész francia hadsereg orvosi ellátását. „Sebészcsapatokat helyezett a frontvonal közelébe, hogy lerövidíthessék a sérülések és a kezelések megkezdése között eltelt időt, és speciálisan kialakított lövontatású »repülő mentőkocsikat« vezetett be, amelyeken a sebesültek a sürgősségi orvosok akkori megfelelőivel utaztak. Az ellátást úgy rangsorolták, hogy először a legsúlyosabban sérüléseket látták el, tekintet nélkül a beteg túlélési esélyeire vagy arra, hogy a kevésbé súlyosan sebesült katonákat gyorsan vissza kell helyezni a frontvonalba.”<sup>1042</sup>

Ezzel szemben a *Nemzeti Újság* 1937-es számában az 1854-es krími háború angol harctéri sebesültjeinek kálváriájáról így tudósított. „1854-ben kitört a krími háború, melynek borzalmai egész Angliát megdöbbentették. Háborús betegápolásról akkoriban nem is lehetett beszélni. Kötözőhelyek, ápolók alig voltak. Megtörtént, hogy a vérvesztéstől elgyengült sebesültek éhen-szomjan pusztultak, mert senki sem törődött velük. Az Elma-folyó melletti véres ütközet után, melyben az egyesült angol és francia hadseregek fényes győzelmet arattak az oroszok felett, a Bosporus túlzsúfolt kórházaiban a halálozási arányszám 65% volt.”<sup>1043</sup>

Ki volt a cikk címében szereplő Florence Nightingale, és milyen szerepet játszott a katonai egészségügy korabeli állapotainak javításában? Pados Pál az alábbiakat írta róla 1943-ban. „Nagy változás következett be Florence életében, midőn 1854 márciusában kitört a krími háború. Ez alkalommal először küldtek az angol lapok haditudósítókat a harctérre, akik azonban nem a csaták színes leírásaival töltötték meg lapjaik hasábjait, hanem a sebesültek botrányos ellátásáról, a scutari<sup>1044</sup> hadikórházban kétségbeejtő helyzetről cikkeztek. A Times szeptemberi számaiban napról-napra jelentek meg a tudósítások, hogy a helyőrségi kórházakban két hétig sem nyúlnak az orvosok a betegekhez, dühöng a vérhas, piszkos rongyokban hevernek a félig éhen veszett katonák. Nincsen kötszer, nincs elég orvos. Ápolónő aztán egyáltalán nincsen. »A sebesülteket a sebesültek, a haldoklókat a haldoklók ápolják«. Egy ember volt csak, aki ezeken az állapotokon változtatni tudott, Florence Nightingale. Az erősszívű hölgy meg is érezte, hogy elérkezett számára a döntő pillanat és jelentkezett a harctérre, önkéntes ápolónőnek. [...] Mikor Florence negyven egynéhány nővel megérkezett Scutariba, a kórház vezetősége ellenszenvvel és gyűlölettel fogadta. [...] Kétezer ember feküdt itt félholtan, dideregve, szennyben és elhagyatottságban. És Florence dolgozott. »Nem egyszer látták, hogy nyolc-tíz óra hosszat egyhuzamban térden állva sebeket kötözött«. [...] amikor munkatársai este tízkor vagy tizenegykor fáradtan zuhannak ágyba — hogy elalvásukat már csak eszméletlenségnek lehet nevezni —, akkor Florence Nightingale megkezdí éjszakai beteginspekcióját. A lady kezébe veszi a lámpását és megindul a sötét folyosók és kórtermek során. [...]

<sup>1042</sup> A hadiorvoslás története (2022): i. m.

<sup>1043</sup> Florence Nightingale a betegek őrangyala. *Nemzeti Újság*, 19. (1937. szeptember 26.), 219. 21.

<sup>1044</sup> Ma Üsküdar néven Isztambul egyik kerülete.

Így élt Florence a scutari helyőrségi kórházban, míg körülötte a gyűlölet vihara süvített. A kórház orvosai ugyan most már melléje állottak, hiszen lehetetlen volt fel nem ismerniök a segítő kéz őszinte mozdulatát, de a parancsnokság s a gazdasági hivatal vezetői mindent elkövettek, hogy helyzetét lehetetlenné tegyék. [...]

Florence Nightingale maga is beteg lett. Néhány munkatársával áthajózott Krím félszigetére, hogy ott is megszervezze a hadikórházat, de ragályt kapott, lázasan feküdt hetekig. Közben állandóan levelezett otthonmaradt barátaival, az angol társadalmi élet kiválóságaival. Leveleit a királynő is elolvasta, Longfellow költeményt írt hozzá,<sup>1045</sup> hajókat, utcákat neveztek el róla, míg ő lent a harctéren ócska batáron, nem egyszer lóháton vagy öszvérháton járta a hadikórházakat, kötöző helyeket, vigaszt, segítséget és könyörületet osztva.

Eredmény? Szinte csodával határos. Mikor Florence megérkezett, száz sebesült közül negyvenhárom halt meg s most már csak kettő. A krími háború véget ért, de nem Florence Nightingale munkája. A harctérről ugyan hazatért Angliába, ahol azonban új, nagy feladatok vártak a ladyre. [...]

Nagyszabású reformokat tervezett és dolgozott ki, hogy átszervezze a katonakórházakat, katonai bizottságot küldetett ki, hogy felülvizsgáljanak minden mulasztást és minden javítani valót, hatalmas munkát írt a hadsereg egészségügyéről és annak reformjairól.<sup>1046</sup>

Magyarországon az 1873-ban útjára indított *Ludovica Academia Közlönye* 1876-ban tudósított egy tisztek számára íródott – sajnos Franciaországban megjelent – orvosi kézikönyvről. Ebből idézzük az alábbi gondolatokat.

„Bugeaud tábornagy e mondata: »A csapatokat nem tűzbe vezetni, de azokat épségen fenntartani nehéz« kevés szóval jelzi azon szükségességet, hogy minden tiszt képes legyen gondoskodni arról is, hogy a vezetésére bízott katonáknak megsebesülés, valamint közönségesebb betegségek alkalmával orvos nemlétében is segély nyújtsanak. Nem lehet ugyan a tisztől azt kívánni, hogy az orvosi tudományokat tanulmányozza, de igen is azt, hogy a leggyakrabban előforduló orvosi segélynyújtásnak legalább első elemeivel megismerkedjék.

E követésre méltó czélt tűzték ki maguknak Chassagne A. és Desbrousses francia seregbeli orvosok, midőn »Guide médical pratique de l'officier« című gyakorlati orvosi utasításukat közrebocsátották. E gyakorlati orvosi utasítás tartalma a következő legszükségesebbekre terjed ki:

1-ső rész. Boncz- és élettani vázlat.

2-ik rész. Katonai egészségügyi ismeretek az élelmezést, elszállásolást, a katonai ruházatot illetőleg; a helyőrségben levő katona egészségügyéről, a betegekről, sebesültekről vagy rokkantokról.

3-ik rész. Sebészeti kalauz: sebesülések nemei, a sebesülteknek nyújtandó elsősegélyek és bekötözések.

<sup>1045</sup> Henry Wadsworth Longfellow amerikai költő: Santa Philomena, 1857. (A nightingale angolul és a philomena latinul csalogányt jelent).

<sup>1046</sup> Pados Pál: Lady a lámpával – Florence Nightingale, az ápolónők védszentje. *Képes Vasárnap*, (a Pesti Hírlap képes melléklete), 1943. április 6., 14. 214–215.

4-ik rész. Orvosi kalauz: hadseregi és helyőrségi járványok, leggyakrabban előforduló évszaki stb. betegségek.

5-ik rész. Gyakorlati utasítás a sorozásnál szükséges egészségügyi ismervekről.”<sup>1047</sup>

Könyvünk a robbantástechnikáról szól. Ugyanakkor az utolsó fejezetében szükségesnek tartottunk olyan egészségügyi vonatkozású hazai szakcikket közölni is, amelyek tartalma összefügg ezzel a szakterülettel. Így bemutatjuk a robbanásakor keletkező mérgező gázokról szóló közleményeket, a robbanóanyagok gyártásával, kezelésével kapcsolatos munkaegészségügyi tanulmányokat, végül pedig a robbanás emberre gyakorolt hatásával, a robbanásos sérülésekkel foglalkozó cikkeket.

### 6.1. Robbanáskor keletkező gázok mérgező hatásával foglalkozó szakcikk

1667 és 1669 között a Kréta szigetén lévő Kandia 28 hónapig tartó török ostrománál került sor a történelem addig legnagyobb föld alatti aknaharcára. „Az aknaháború méreteit érzékelteti, hogy a velenceiek 1172 aknát robbantottak fel, a törökök pedig háromszor annyit” – olvashatjuk a *Népszava* 1915-ben megjelent, az aknaháborúról szóló cikkében.<sup>1048</sup> A törökök által az aknák robbantására felhasznált löpor mennyiségét 50–170 tonna körülire becsülték. A szűk járatokban dolgozó aknászokat nagy méretű, kovácsfűjtatókhoz hasonló szerkezetek segítségével próbálták friss levegőhöz juttatni, mert azt észlelték, hogy egyébként a hosszú és tekervényes járatokban dolgozók rejtélyes módon megbetegedtek és meghaltak.

A francia Sébastien le Prestre de Vauban (1633–1707) tábornagy az erődharc ikonikus alakjaként megújította mind a várépítéset, mind az ostromtechnikát és az erődrendszerek kialakítását Európában. Arday a Vauban által alkalmazott újítások között említette, hogy: „A megromlott levegőt vagy fűjtatók segítségével vagy tűzzel előidézett légáramlattal igyekeztek a szomszédos aknajáratokba, esetleg fűrés által, a föld felszínére terelni.”<sup>1049</sup>

Vajon mi volt a föld alatti járatokban dolgozó aknászok „rejtélyes halálának” oka, miért tartotta fontosnak Vauban, hogy eltávolíttassa a „megromlott levegőt” az aknalagutakból?

A megfejtésről többek között egy 1895-ös orvosi szakkönyvben az alábbiakat olvashatjuk:

„Alagutak fűrésakor, bányamunkánál s régen a várak ostromlásánál az u. n. aknaharcban sokat szenvedtek a munkások és katonák a szénélegtől.”<sup>1050</sup> A robbantás azelőtt, sőt sok helyen még most is, puskaorhoz hasonló, bár azzal nem azonos robbantóporral történt és történik, ez a por olyanforma összetétellel bír, mint a régi ágyúpor, t. i. a közönséges puskaornál sokkal több szenet tartalmaz, s kevesebb salétromot. A puskaor

<sup>1047</sup> Orvosi kézi-könyv tisztek számára. *Ludovica Academia Közlönye*, (1876), szeptember. 757–758.

<sup>1048</sup> Aknaháború – Régi fegyver új alkalmazásban. *Népszava*, 1915. február 27. 5.

<sup>1049</sup> Arday (1910): i. m. 412.

<sup>1050</sup> A szén-monoxid korabeli neve.

salétrom-mennyiségének élenye elegendő ahhoz, hogy meggyúléskor a puszkapor szé-  
nenyét<sup>1051</sup> szénsavvá élenyítse,<sup>1052</sup> a robbantópornál azonban nem elegendő, s így ennek  
meggyúléskor főleg szénéleg keletkezik, míg szénsav csak igen kis mennyiségben. Falck  
közli, hogy egy esetben katonák mineur-gyakorlatainál Graudenzben 81 CO mérgezés  
fordult elő 7 halálessettel és 27 igen súlyos megbetegedéssel. A bányászoknak és alagút-  
munkásoknak u. n. aknabetegsége sem más, mint idült szénélegmérgezés. A lögyapot  
explosiójánál, s ez katonákra fontos, szintén keletkezik CO. Egy elemzés szerint a robba-  
nás utáni gázelegyben 30% CO, 20% CO<sub>2</sub>, 10% CH<sub>4</sub>, 8% N, 9% NO és 23% H<sub>2</sub>O volt.”<sup>1053</sup>

Az aknászok tehát szén-monoxid-mérgezést kaptak a föld alatt, és bár Kandianál  
a törökök ezt nem ismerték tudományos alapon, de rájöttek a megoldásra, a járatok  
szellőztetésének fontosságára.

A Bókai tanulmánya után két évvel kiadott *Pallas Nagy Lexikona* ezt írta a „szé-  
néleg” (szén-monoxid-) mérgezésről. „A szénéleg vagy széngáz (szén-oxid) a legerősebb  
hatású gáznemű mérgek közé tartozik; Kobert szerint ugyanis egy 70 kg-os embert már  
80 cg. szénéleg képes megölni. [...] Az u. n. aknabetegség vagy pionnirbetegség szintén  
nem más, mint Sz., mely bányászokon és katonákon (alagutak fúrásakor, várak ostroma  
alkalmával az aknában) jelentkezik; a robbantó keverékek elsülésekor ugyanis igen  
nagy mennyiségű szén-oxid képződik. A Sz. oka abban rejlik, hogy a szénéleg a vér  
oxihemoglobinjából az oxigént kiűzi és ennek helyébe lépve, a hemoglobinnal igen  
szilárd vegyületet (szénéleghemoglobin) alkot. Az ilyen vér sem oxigént fölvenni, sem  
szénsavat leadni (a tüdőben) nem képes, ennél fogva az egyénnek oxigénhiány és szén-  
sav felhalmozódás kettős okából meg kell fulladnia. A Sz. jelenségei az élők: szédülés,  
fejfájás, izomgyengeség, toniko-klonikus görcsök, akaratlan vizelés és székelés, hányás,  
önkivület, végre kóma és halál. [...] Az agyállományt is erősen megtámadja a szénéleg,  
úgy hogy lelki zavarok (melyek a terjedő hűdéses butasághoz is hasonlítanak) vehetők  
észre. A Sz. lefolyása kétféle: hevenyész, mely pillanatszerűleg halálhoz vagy súlyos  
mérgezéshez vezethet, p. a Higgins és Chenot által leírt esetekben, vagy pedig krónikus,  
mely olyanokon mutatkozik, kik huzamos időn át kénytelenek szénéleget tartalmazó  
légkörben dolgozni (bányászok, kohászok, fűtők, szakácsok: *anémie des cuisinieres*).  
Az utóbbi alak néha súlyos anaemia perniciosához<sup>1054</sup> hasonlít, peptonuriával<sup>1055</sup> járhat  
és hónapokig eltart.”<sup>1056</sup>

1910-ben a *Magyar Katonai Közlöny* Műszaki közlemények rovatában jelent meg  
egy tudósítás a robbanási gázok mérgező hatásával kapcsolatos német kísérletekről.  
„A nitrokészítmények robbanásakor az állati életre mérges gázok fejlődnek. A robba-  
nás ezen termékeivel legutóbb Berlinben nagyobb kísérleteket végeztek. Az egyiknél

<sup>1051</sup> Széneny vagy szenegy: szén, szénelem. (Czuczor Gergely – Fogarasi János: *A magyar nyelv szótára* / Sz. Budapest, 1862.)

<sup>1052</sup> Éleny: oxigén.

<sup>1053</sup> Bókai Árpád: Gyakorlatilag fontosabb mérgezések – szénéleg. In *A belgyógyászat kézikönyve*. 73. kötet. Budapest, Magyar Orvosi Könyvkiadó Vállalat, 1895. 787.

<sup>1054</sup> Vészes vérszegénység.

<sup>1055</sup> Kóros fehérjevizelés.

<sup>1056</sup> Gerő (1893–1904): i. m. 15. kötet. 1897. 576.

10 gr. pikrinsavat (az ecrasit, német 98 robbanó anyag, pertit, melinit, lyddit, simoze alapanyaga; salétromsav és karbolsav vegyülete) 470 liter ürtartalmú edényben égettek el, melyben a robbanás után 40 percig egy nyúl volt. Az edény levegőjének 0.4%-a volt szénoxid. Az állat lábai a kivételkor mozdulatlanok voltak s érzékenyséjük majdnem semmi; a fülekben látható véredények duzzadtak, világos-vörös vérral telve, amelyben a szénsavas hämoglobin ki volt mutatható. Légzés gyorsított, 100 egy perc alatt. Az állat állapota a mély alvás benyomását kelté. A friss levegőn légzése rövid idő múlva a rendes lett s magához tért, de 24 óra múlva kimúlt.

Amint a kísérleteknél a levegőt tartalmazó edényt kisebbítették, úgy hogy annak szénoxid tartalma a robbanás után 0.9% volt, az állat 20 perc alatt elpusztult. Hasonló eredményre jutottak trinitrotoluollal is. A robbanásnál esetleg el nem égő, igen finom por alakjában visszamaradó pikrinsav vagy trinitrotoluol a légzésnél a testbe juthat. Ennek az utólagos mérgező hatása jelentéktelen. A dynamit alapanyagát képező nitroglycerin mérgező volta ismeretes.

E kísérletek alapján szükségessé válnék azokat nagyobb mértékben folytatni és minden kétséget kizáró módon megállapítani, vajjon a robbanási gázok a háborúban mily mértékben fokozzák a lövedék hatását. Az eddigi megfigyeléseknél a kábultságot nagyobb részben a robbanáskor keletkező légnyomás okozta.”<sup>1057</sup>

Az ideggyógyász Nagy Béla volt a főszerkesztője az 1902–1919 között megjelenő *Ipar-egészségügy* című havilapnak, amely a fejcímében megfogalmazottak szerint „az egészségtani ismeretek népszerű terjesztését és a balesetellenes védekezés előmozdítását tárgyaló havi közlöny”. Ebben jelent meg Hlavács Kornél „miniszteri titkár-bíró” cikksorozata *Ipari alkalmazottak megbetegedésének és balesetének elhárítására vonatkozó óvórendszabályok* címmel. Az egyes közleményekre még bővebben kitérünk a következő alfejezetben, most a szén-monoxid-mérgezésről leírt *1913-as* cikkéből idézünk.

„Igen veszedelmes, szagtalan és ezért észre nem vehető mérges gázok. Elkábító és halálos hatásuk van. Akkor keletkeznek, ha a szén elégetése nem tökéletes [...]”

A szénoxid CO az a gáz, amely a legtöbb mérgezést okozza. A súlya valamivel kisebb, mint a levegőé, ennél fogva a helyiségekben a mennyezet alatt gyülekezik össze. [...]”

Ugyanennyi [10% – a szerző megjegyzése] szénoxidot tartalmazhat kedvezőtlen esetben a régi feketelőpor robbanásánál fejlődő gáz is, amely körülmény folytán ezen anyag a bányákban, mint robbantószer igen veszedelmes.

A lőgyapot és a gyérfüstű lőpor nem azért terjedtek el, mert a robbanásuknál fejlődő gázok kevésbé veszedelmesek. Ezen újabb robbantó anyagokból fejlődő gázok ugyanis az emberi szervezetre még károsabb hatást gyakorolnak. Kőbért kiemeli, hogy szakértők szerint e gázok 30–43% szénoxidot, 20% szénsavat és 9% NO-t tartalmaznak, tehát igen gyors halált idézhetnek elő. A nitrált szénvegyületekből készült többi robbantó anyag, u. m. fulgurit, ballisztit, kordit e tekintetben szintén nem lényegesen más természetűek. [...]

<sup>1057</sup> A robbanási hatások mérgező hatása. *Magyar Katonai Közlöny*, 3. (1910). 333–334.

A szénoxidot a vérmérgek és idegmérgek közé sorozzák. A vérnek oxyhaemoglobinjából az oxigént kiszorítja és annak helyét elfoglalja. A vérbe jutott szénoxid a haemoglobinnal igen tartós vegyületet alkot, amely csak igen hosszú idő múlva tűnik el a vérből. A hirtelen (fulminánsan) halálos esetekben a vér elemzése útján a szénoxidhaemoglobint, tehát a szénoxidmérgezést nem lehet kimutatni. Az ilyen esetekben ugyanis a szénoxidnak a központi idegrendszerre gyakorolt hatása folytán a halál oly gyorsan beáll (tömény szénoxidból egy-két lélegzetvétel ehhez már elegendő), hogy a vérnek nincs ideje szénoxidot fölvenni. A haemoglobin pedig valósággal rohamosan ragadja magához a szénoxidot. Észleltek olyan esetet, amelynél az áldozat vérének 83%-a még a halál előtt telítve lett ezen anyaggal. Ez az észlelet annál meglepőbb, mert a szénoxiddal telített vér a szervezetnek életéhez föltétlenül szükséges oxigént le nem adhatja. Az akut szénoxidmérgezések nagyobb része halálos, bár e téren észrevehető némi javulás, ami az orvosi szolgálat fejlődésének tudható be.”<sup>1058</sup>

Ugyancsak az *Iparegészségügyben* jelent meg Bród Miksa cikksorozata az ipari mérgekről. Ennek XXIII. részében a „szénélegről” és annak mérgezési tüneteiről ezt írta 1914-ben.

„Meg kell említenünk az úgynevezett aknagázokat is, amelyek a katonasorvosok által jól ismert utászbetegséget okozzák. Itt tulajdonképpen arról van szó, hogy a régi fekete puskapor robbanásánál 4%, sőt némely esetben 10% szénéleg keletkezik. Bányászoknál ezért fordul elő oly gyakran, hogy szénélegmérgezésben betegednek meg. Nem áll tehát az a nézet, mintha robbantásoknál a veszélyt elsősorban a kénhidrogén okozná. Még veszélyesebbek az oly gyakran használt lögyapotnak és a füst nélküli fehér puskapornak robbanásánál keletkező gázok, mert ezek átlag 30% szénéleget tartalmaznak.

A heveny szénélegmérgezés tünetei röviden egybe foglalva a következők. Enyhébb esetekben: tompa főfájás, fülzúgás, émelygés, káprázás, szédülés, hányás, az arc kipirosodása, részegségi érzés, nyomás a gyomortájon, izomgyengeség és ájulásra való hajlam.

Súlyosabb esetekben a bőr elkékül, görcsös, hörgő légzés lép fel, sőt tonikus és klonikus görcsök keletkeznek. Igen gyakoriak a hűdési jelenségek is, amelyek kiterjedhetnek valamennyi végtagra, vagy csak az alsó végtagokra, vagy pedig csakis egyes izomcsoportokra, nevezetesen az arcizmokra. A görcsös állapotra, amely néha hiányzik is, következik az asphyxiás állapot az érző- és mozgási képesség zavaraiival. A tünetek között gyakori az önkéntelen bélsárürítés és a vizelet eltávolodása, alacsony hőmérsék, lassú és kihagyó érverés és eszméletlenség.

Kobert szerint a szénéleg a vérmérgek közé tartozik és hatása a vérre és a központi idegrendszerre való hatásból van összetéve, és aki a tiszta gázból csak néhány belégzést tesz is, azon görcsök vesznek erőt, sőt rögtöni hűdés, érzéstelenség és eszméletlenség lép fel. Ha nem olyan töményen lélegeztetik be, akkor kifejti a vérre való hatását úgy, hogy az oxyhaemoglobinból kikergeti az élenyt és maga foglalja el ennek a helyét. [...]

<sup>1058</sup> Hlavács Kornél: Ipari alkalmazottak megbetegedésének és balesetének elhárítására vonatkozó óvórendszabályok – Széndioxid (széngáz), generator-, keverék- és vízgáz. *Iparegészségügy*, 13. (1913), 7. 5.



A mérgezés lefolyása változó, mert az a belégzés tartamától és a gáz töménységétől függ. A kevésbé heveny ipari mérgezésnél a munkások csak lassankint lehelik be a szénéleget és így bizonyos előkészítő tünetek lépnek fel és pedig főfájás, rosszullet, hányás és álomosság. Ha a munkások még továbbra is belehelik a szénéleget, fokozatosan fellépnek a súlyosabb tünetek is. Súlyos szénélegmérgezés esetén, ha a mérgezett egyén az eszméletlenség állapotában el is távolíttatik a veszélyes légkörből, az csak nagyon nehezen szedi magát össze, sőt elég gyakran megesik, hogy a célszerű kezelés dacára is beáll a halál. Még egészen enyhének látszó esetben is jó ideig eltart, míg a főfájás, általános gyengeség és érzéstelenség teljesen megszűnik. A hányási inger, álomosság és kedélyi depressio napokig húzódik. Néha igen különböző, sőt részben gyógyíthatlan utóbetegségek jelentkeznek a szénélegmérgezés után. Ilyenek például: a tüdővérzés, vörös orr, rózsaszínű foltok megjelenése a mellen és a hason, idiotismus, hűdés stb. Gyakran utóbetegség gyanánt tüdőgyulladás keletkezik az által, hogy kihányt tömegek leheltetnek be és jutnak a légutakba.”<sup>1059</sup>

*Száhlender Lajos 1915-ben, a Természettudományi Közleményekben írt egy részletes tanulmányt A lövedékgázok és mérgező hatásuk címmel.*

„A lövedékgázok a különféle robbanóanyagok elégeésekor keletkeznek s a lövedékek kiröpítésére, illetőleg szétrobbantására szolgálnak. Régebbi háborúkban, az évszázadokon át kizárólagosan használt fekete puskapor idejében, a lövedékgázok mérgező hatásáról nem igen esett szó, inkább csak a puskapor »füstjének« volt és pedig hátrányos jelentősége, a mennyiben elárulta a hadállásokat. Másként áll a dolog a jelenlegi háborúban. A mai robbanóanyagok füstnélküliek, vagy legalább is nagyon kevés füstöt adnak, de az elégeésükkor keletkező gázok mennyisége viszonylagosan jóval nagyobb, élettani hatása pedig a legtöbbször erősen mérgező.

A fekete puskapor kálsalétromból, kénből és szénből áll. Elégeésekor 57% szilárd termék (káliumkarbonát, káliumszulfát, káliumthiozonat stb.) mellett, melyek a füstszerűséget okozzák, csak 43 % gázalakú termék (széndioxid, nitrogén stb.) keletkezik, és pedig 1 kg fekete puskaporból 260—280 liter. [...]

A modern robbanóanyagok robbanásakor szilárd termék nem, viszont jóval több gáz keletkezik. 1 kg trinitrophenol (pikrinsav) például 585 liter, 1 kg salétromsavas gliczerineszter (nitroglycerin) 713 liter, 1 kg salétromsavas cellulózeszter (robbanógyapot) pedig 826 liter gázt szolgáltat. [...]

egy 35,5 cm kaliberű ágyú 620 kg súlyú lövedékének kiröpítéséhez 253 kg puskapor szükséges s így egy ilyen ágyú egyszeri elsütésekor 200 köbméternél több lövedékgáz fejlődik.

A lövedékgázok főalkotórészei a széndioxid, szénoxid, vízgőz, nitrogén, hidrogén, oxigén, ritkábban cziánhidrogén és salétromsavas gőzök. A lövedékgázok mérgező hatását tekintve, a cziánhidrogén és a salétromsavas gőzök figyelembe nem jönnek, mert mindig csak nyomokban fordulnak elő. Nincs szerepük az élettanilag hatástalan ártalmatlan gázoknak: a nitrogénnek, vízgőznek, hidrogénnek és oxigénnek sem.

<sup>1059</sup> Bród Miksa: Ipari mérgek. XXIII. – Szénéleg. *Iparegészségügy*, 13. (1914c), 19–20. 3.

Csak a széndioxidnak és szénoxidnak van jelentősége. Mindkettő ártalmas gáz, bár korántsem egyenlő mértékben.

A széndioxid tulajdonképpen nem is nevezhető mérges gáznak. A szabad levegőnek is rendes alkotórésze, azonban a levegő rendszeren csak kevés széndioxidot, nevezetesen 0.03-0.04%-ot tartalmaz. A kilehelt levegőben már százszor annyi, 3-4% van belőle. Zárt helyiségben, különösen pinczében és sok ember vagy állat jelenlétében a levegő széndioxid tartalma 10%-ra is emelkedhetik. 1% teljesen ártalmatlan, 5% széndioxidot tartalmazó levegőben jó ideig baj nélkül tartózkodhatunk. 14% azonban már halálos lehet, bár bőséges oxigén jelenlétében ez a határ 40%-ra emelkedhetik. Kissé durva hasonlattal élve, a széndioxid hatását a vízéhez hasonlíthatnánk. Sem a széndioxid, sem a víz nem mérges. Csakhogy a széndioxidban és a vízben egyaránt meg lehet fulladni. Nem azért, mert mérgesek, hanem mert széndioxidgázba vagy vízbe merülve, nem jutunk a lélekzéshez szükséges levegőhöz. A széndioxidnak különben a kégázra emlékeztető különös érzéktelenítő hatása is van. 3-5% széndioxidot tartalmazó levegő hosszabb időn át belehelve, szédülést, álmoságot s a részegséghez hasonló mámort, ájulást idézhet elő. E tünetek azonban friss levegőn igen gyorsan megszűnnek. A széndioxid a levegőnél másfélszer nehezebb, színtelen, szagtalan, savanyú ízű gáz. Az égést nem táplálja, az égő gyertya kialszik benne. Fölismerésének ezt az egyszerű módját a boros pinczékben, különösen a must erjedésekor alkalmazzák is.

Míg a széndioxid aránylag ártalmatlan gáz, a szénoxid annál gyilkosabb mérge. Ezrekre rúg az ismert mérgek száma, de nincs még egy, mely oly gyakran, oly különféle, de mindig alattomos módon fejtené ki mérgező hatását, mint a szénoxid. Jelenlétét semmi sem árulja el. Teljesen szagtalan; színe, íze nincs. Mire hatását észre vesszük, már késő; lopva, lassanként halmozódott föl vérünkben a gyilkos anyag. A mérgezés megtörtént. [...] Mérgező hatását igen nagy hígításban is kifejti. 0.05% szénoxid-tartalmú levegő már erősen mérgező. Testsúlykilogrammonként 10 cm<sup>3</sup>, vagyis egy embernél egy liternél kevesebb már halált okoz. A haláltköszönál kevesebb mennyiséget belehelve, rosszullétet, fejfájást, szédülést, fülzúgást, aggodó érzést, szemkáprázást idéz elő. A szembogarak kitágulnak és hirtelen fényre sem húzódnak össze. Az illető esetleg el is ájul, testhőmérséklete alászáll, lélekzetvétele hörgő lesz, végül meg is szűnik. Ha a megmérgezett ember látszólag meg is gyógyul, még hosszabb idő múlva is jelentkezhetnek utóbajok: szédülések, beszéd- és érzékszavarok, tüdőgyulladás, kiütések, könnyenvérzésre való hajlandóság, sárgaság, súlyosabb idegzavarok, cukor- és fehérjevezelés stb.

A szénoxid vázolt mérgező hatásának magyarázatát a haemoglobinhoz, vörös vérsajtjeink élettanilag nagyon fontos anyagához való nagyfokú vonzódásában (affinitásában) találjuk meg. [...] Ha a szénoxid a haemoglobin kétharmadrészét lekötötte, életünk kialszik. A szénoxid levegőre vonatkoztatott sűrűsége 0.9672, vagyis a levegőnél valamivel könnyebb, s így abban könnyen szétoszlik. Pusztításait inkább csak zárt vagy félig nyitott helyiségekben szokta végezni. Bányákban különösen veszedelmes. Courrièresben a robbanás helyétől több kilométerre találtak még hullákat, s ezeknek élénk vörös színe elárulta a szénoxidmérgezést. Tylerstownban bányalégrobbanás következtében elpusztult 57 bányász közül 52 a szénoxidmérgezés áldozata lett. De a szénoxid szabadban is

kifejtheti mérgező hatását, különösen szélcsendes időben, s ha a harcztereken a robbanóanyagokból fejlődő nagy gáztömegekre gondolunk, elképzelhetünk oly alkalmakat, midőn a harcosok kénytelenek lövedékgázokkal fertőzött levegőt beszívni. Legkedvezőtlenebb a helyzet természetesen ott, pl. hajókon, hol a lecsapódó és szétrobbanó gránát közeléből elszaladni nem lehet. Így már az orosz-japán háború alkalmával az oroszokra annyira végzetes csuzimai tengeri csatában észlelték, hogy oly tengerészkatónák, kik a szétpatlanó gránátszilánkoktól nem sebesültek meg, lövedékgázok belehelése következtében mérgezési tünetek között betegedtek meg, sőt meg is haltak.

A robbanóanyagok gázai közül a legmérgeesebb a trinitrophenolé (pikrinsav), mely a fennebb közölt vegyefolyamatok szerint 61.11% szénoxidot tartalmaz. A salétromsavas cellulózeszteré (robbanógyapot) 27.27%-ot. A fekete puskapor és salétromsavas gliczerineszter (nitrogliczerin) lövedékgáza szénoxidot jelentős mennyiségben nem tartalmaznak. Lewin és Poppenbergnek a berlini katonai akadémia laboratóriumában végzett kémiai és méregtani vizsgálatai szerint a pikrinsavból robbanáskor 61.05%, a trinitrotoluolból 57.01% szénoxidtartalmú gáz fejlődik. Zselatindinamitból fejlődő gáz 34% szénoxid mellett 32-68% széndioxidot, a karbonitból fejlődő gáz pedig 36% szénoxid mellett 19.2% széndioxidot is tartalmazott. A széndioxid-tartalom a mérgező hatást, helyesebben a mérgezési eshetőségeket fokozza. Az ily gázkeverék nehezebb lévén a levegőnél, nem oszlik szét könnyen, hanem leülepszik a földre. Bár a lövedékgázok mérgező hatása a legveszedelmesebb a lecsapódó és szétrobbanó gránátok közelében, észleltek szénoxidmérgezéseket az ágyúkat, sőt gépfegyvereket kezelő harcosokon is.

A lövedékgázok mérgező hatása már a háború elején sokaknak feltűnt. Ha a lövedékgázokat jelentőségükhez mérten, jobban veszik tekintetbe, számos, eddig érthetetlen harcztéri megbetegedésnek nyitja válik ismeretessé. Nem lehetetlen, hogy sok pusztán megijedésnek minősített »idegsokk« valójában szénoxidmérgezés volt.”<sup>1060</sup>

Bogdánfy Ödön az aknaharcról szóló 1917-es cikkében is említést tesz a robbantáskor keletkező szén-monoxid mérgező hatásáról. Ráadásul itt már nemcsak a föld alatti munkák során, hanem a földfelszíni robbanások során képződött aknatölcsérekben „megülő” mérgező gázra is felhívja a figyelmet. A jelenség a robbanóanyagok egyik jellemzője, amely az oxigénegyenlegükre vezethető vissza. A robbanás során a robbanóanyagban lévő éghető anyagok nagy sebességű kémiai átalakulásához (a detonációsebesség min. 1000 m/s, de a katonai robbanóanyagoknál ez ennek a többszöröse) a robbanóanyagoknak magukban kell „hordozniuk” az ehhez az átalakuláshoz (tulajdonképpen egy nagyon gyors égéshez) szükséges oxigént is. Az általában nitrálással végrehajtott művelet során azonban nem mindig kerül annyi oxigén a robbanóanyagba, amennyi elégséges az összes éghető anyag „elégetéséhez”, ezek a negatív oxigénegyenlegű robbanóanyagok. Környezet- és munkavédelmi okok miatt ma már az ipari robbantástechnikában nem hozhatók ilyen robbanóanyagok forgalomba, de a katonai robbanóanyagok még ma is, akárcsak a cikk megjelenésének idején, jellemzően negatív oxigénegyenlegűek. A robbanóanyag-

<sup>1060</sup> Száhlender Lajos: A lövedékgázok és mérgező hatásuk. *Természettudományi Közlemények*, (1915), 631–632. 510–514.

alkotók tökéletlen „égése” okozza aztán a szén-monoxid megjelenését a robbanásuk során. „Az aknarobbanásnak védelem és támadás lehet a célja. Ha csak védelemről van szó, a kirobbantott tölcsér segítségével az ellenséges állást egyszerűen hátrább nyomják. Ha azonban támadás a cél, a robbantás után igyekeznek megszállani a tölcsért. Azonban itt a sietség gyakran megárt. A tölcsérben levő földanyag telítve van a robbanás fojtó gázaitól ezért nem tanácsos rögtönösen oda menni. Sokszor fulladtak meg már katonák a mérges gázoktól, melyek a tölcsérben visszamaradtak. De ha a tölcsért megszállották, igyekeznek rögtön védelmi műveket létesíteni benne. Ilyenkor a homokzsákok jó szolgálatot tesznek.

A tölcsér kirobbantásával az aknaharcz elérte célját. De az így elhódított terület nagyon kicsiny. Újabb föld alatti munka kezdődik tehát a nyomában s az állóharcz ily módon nagy lassúsággal, de borzalmasan tovább folyik. A világháború után a késő unokák talán el sem hiszik azokat a rémes és vad jeleneteket, melyek e föld alatti harc nyomában jártak.”<sup>1061</sup>

A Bogdánfy által említett világháborús föld alatti aknaharc során aztán – akárcsak a korábbi évszázadokban – az árkászoknak meg kellett küzdeniük a saját és az ellenséges robbantások okozta mérgező gázokkal is. *Schwertner Antal* és *Erős Béla* így írtak erről a *Pasubio felrobbantásáról*<sup>1062</sup> szóló visszaemlékezésükben.

„Elektro-kompresszoraink, melyek hosszú vezetékeken át a fúrókalapácsainkhoz a levegőt szállították, éjjel-nappal szüntelenül zakatoltak. A robbantások közötti szellőztetési időt a minimumra redukálva, igyekeztünk a munkateljesítményt fokozni. Sajnos, azonban nem sok eredménnyel, mert a hosszú aknafolyosóból a mesterséges szellőzés ellenére a széngázok nehezen távoztak el. A fertőzött levegőt derék aknászaink belélegezték és sokszor kínzó főfájást kaptak és önkívületükben összeestek. Acetilén-lámpáink alig pislogtak az oxigénhiány miatt, de agyunk lüktetett és idegeink a végsőkig feszültek, amidőn az ellenséges fúrókalapácsok zörejét majdnem már talpunk alatt éreztük. [...]”

A sikeres védőrobbantás után a szikla mélyében elcsendesült minden, az aknafolyosó részünkről is megközelíthetetlen volt, a széngáz két hét múltán is még súlyos mérgezéseket okozott és így kényszerülve, várakozó álláspontot foglaltunk el. Közben azonban a szellőztetőgépeink, melyek az Ellison-tárna  $\frac{2}{3}$  részéig a frisslevegő-befűvást végezték, éjjel-nappal működtek, míg a levegő annyira megtisztult, hogy megfigyelőink oxigén-belélegző készülékkel felszerelve, az aknafolyosót lezáró betonfalig jutottak el, annak megállapítására, hogy a munka folytatása lehetséges-e. [...]

Gépeink túlerőltetve is csak olyan légnyomást tudtak szállítani a már nagyon hosszú vezetéken át, hogy csak egy fúró tudott rendesen működni. Külön szellőztetővezetékre

<sup>1061</sup> Bogdánfy Ödön: Aknaharcz. *Természettudományi Közöny*, 49. (1917). 22.

<sup>1062</sup> A Pasubio-hegy az I. világháború legvéresebb alpesi hadszíntere volt. Az első világháborúban az olasz hegyi alakulatok bevehetetlen állásokat építettek ki maguknak a hegy legmagasabb pontján, 2220 m-en. Innen remekül ellenőrizték a közelben elvonuló két völgy útjait. Az osztrák–magyar csapatok az olaszokéval szemben lévő csúcson és annak fennsíkján foglaltak állást, az ellenségtől kb. 150 méterre. Hónapokig küszködtek egymással, míg az osztrák–magyar hadvezetés úgy döntött, hogy felrobbantja az olasz állásokat. Ehhez a mészköbe aknaalagutat kellett vágniuk az ellenséges támpont alá. A tíz hónapos aknásmunka végén, az összesen 60 tonna robbanóanyaggal töltött aknakamrát 1918. március 13-án reggel robbantották fel.

dolgozott két ventilátor és árkászaink mégis örökös rosszullétről panaszkodtak. Oxigénes palackoknál kerestek enyhülést a szén-oxid-mérgezési tünetek ellen és ennek inkább morális hatása alatt a lehető legnagyobb erővel folyt a munka.”<sup>1063</sup>

A robbantások okozta szén-monoxid-mérgezésről egy német nyelvű cikk alapján olvashatunk egy közleményt a *Műszaki Szemle* 1925-ös számában.

„Szénoxyd (CO) levegőnél nehezebb, azzal homogén keveréket képez. 15-73%-nál robbanó. Színtelen, szagtalan, emberi érzékkel nem vehető észre. [...] Mérgező hatását már Aristoteles idejében ismerték.

Az automobil kipuffogó gázában 7% van jelen, a trotil robbanásnál pedig 60%. 15% már életveszélyes.

Mérgező hatása abban nyilvánul, hogy affinitása a vér hämoglobinjához 300-szor akkora lévén, mint az oxigéné, azt a vér hämoglobinjával való egyesülésben akadályozza, már pedig a hämoglobin abszorbeálja és szállítja az oxygént a test különféle szöveteinek. Igen kis mennyiségű CO elég ahhoz, hogy a test oxygen ellátása elégtelen legyen. Különös ártalmas hatása van a CO-nak az idegrendszerre. [...]

Szénoxydmérgezéseknél a következőkre kell ügyelni:

1. A beteget friss levegőre hozni.
2. Szükség esetén mesterséges lélegzés.
3. Tiszta oxygént, vagy 5% CO<sub>2</sub> keveréket legalább 20 percig alkalmazni.
4. A vérkeringés gyorsítása végett a test különféle részeire meleg tárgyakat (vízzel töltött üveg, tégl stb.) rakni, de úgy, hogy a bőrrel közvetlen érintkezésbe ne jöjjenek.”<sup>1064</sup>

A *Magyar Katonai Szemle* 1941. évi 12. számában ütközetgáz néven közöltek egy ugyan-csak német eredeti alapján írt cikket, amelyben a szén-monoxid mellett már a robbanás során keletkező másik káros gáztermékről is említést tesznek: a nitrózus gázokról.

„»Ütközetgáz«-nak (Gefechtsgase) nevezik a harcászoktól és közönséges mérgegázoktól való megkülönböztetés végett a német haditengerészetben azokat a szervezetre nézve ártalmas, sőt életveszélyes gázokat, melyek a hadihajókon becsapódó lövedékek, bombák, aknák, torpedók robbanásakor, avagy saját lövegek, gépágyúk, géppuskák stb. tüzelésekor keletkezve, a szűk páncéltornyokat, kamrákat, helyiségeket megtöltik. Ezek a gázok leggyakrabban szénmonoxid és nitrozus gázok, igen gyakran több tengerészélelet követelnek, mint maguk az ellenséges lövedékek és repeszdarabok. A 25 esztendővel ezelőtt Skagerraknál lezajlott nagy tengeri csatában a német haditengerészet 2551 halottat és 435 sebesültet veszített. A csata folyamán 10 német hadihajón 164 fő szenvedett ütközetgáz-mérkőzést, ezek közül 138-nál könnyű, 26-nál súlyos, 11-nél pedig azonnal halálos kimenetelű volt. A legtöbb mérgezési eset a »König« cirkálón történt, ahol a saját lövegek tüzelése közben keletkezett nitrozus gázoktól egyszerre 75 fő vált harcképtelenné

<sup>1063</sup> Schwertner Antal – Erős Béla: Az 1/6. komáromi árkásszázad története. A Passubio felrobbantása. In Jacobi Ágost: *A Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban 1914–1918*. Budapest, Közlekedési Nyomda, 1938. 270–276.

<sup>1064</sup> Sz. L.: Szénoxydmérgezés. *Műszaki Szemle*, 1. (1925), 29. (Z. Sch. Spr. [1924], 12. alapján)

s a mérgezettek közül 2 még a csata folyamán, 20 pedig később tüdővízenyő következtében elpusztult. A »Moltke«-n saját lövegek gyorstüzelése közben rövidesen 25, ellenséges lövedékek robbanási gázaitól pedig újabb 20 gázmérgezés történt. A veszélyes gázmérgezések megelőzésére ma a legkülönbözőbb szellőztető berendezéseket, valamint speciális álcákat használnak.”<sup>1065</sup>

A II. világháború befejezése előtt a vizsgált témában megjelent irodalmak közül még feltétlenül meg kell említeni *Gortvay György Munkaegészségtan* című, 1944-ben kiadott könyvét, amelyben az ipari mérgek közül az alábbiakat írja a nitrózus gázokról és a szén-monoxidról:

„Nitrózus gázok alatt a különböző nitrogénoxidok, salétromsav és salétromossavanhidridekből stb. álló keveréket értik, amely főleg nitrogénoxidból (NO), nitrogéndioxidból (NO<sub>2</sub>) és a nitrogéntetraoxidból (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) áll. Kis töménységben szaguk nincs és ingerlő hatásuk is gyenge. A legveszélyesebb ipari légzési mérgek közé tartoznak:

A 0.4-0.5 mg./l nitrózus gázt tartalmazó levegő belélegzése már életveszélyes. Ha egyéb gázokkal keverve fordulnak elő, a halálos adag ilyenkor kb. fele annak a töménységnek, amennyi ugyanerre az egyes gázokból külön-külön szükséges lenne. A nitrózus gázok képződésének lehetősége leginkább a lögyapot és egyéb hadianyagok [...] gyártásában stb. áll fenn. [...]

Az ammóniumnitrát (NH<sub>4</sub>,NO<sub>3</sub>) mely az iparban és bányászatban használt biztonsági robbantószer (paxit stb.) alapanyaga, erősebb hevítéskor – különösen ha egyes töltények csak elégnék, de nem robbannak fel – dinitrogénoxidra bomlik (NH<sub>4</sub>,NO<sub>3</sub>=2 H<sub>2</sub>O+N<sub>2</sub>O). Zárt térben, üregekben lefolyó robbantásoknál a nitrózus gázok mellett szénoxid is keletkezik. [...]

A mérgezés a gázok belélegzése által történik és rendszerint heveny baleseti jellegű. A belélegzett gáz a szövetnedvvel salétromsavat és salétromossavat képez, amely erős maródásokat idéz elő. A mérgezés képe szövettani és kémiai tekintetben feltűnően hasonlít a foszgén által okozott mérgezéshez. Könnyű esetekben, vagy a gáz egyszeri, kisebb mennyiségben történő belélegzésénél múló szédülés, hányinger, a felső légutak hurutja a mérgezés főbb tünete.

A nitrózus gázok különleges veszélye abban van, hogy azok minden kényelmetlen érzés (köhögési inger) nélkül belélegezhetők. A gázak hosszabb ideig tartó belélegzése idült senyvedőit és savnekrózist okoz a fogakon. Nagyobb töménységű nitrózus gáz egyszeri belélegzése után súlyos szívizom és légzőszervi megbetegedéseket észleltek (szívizom elfajulás, tüdőgyulladás, tüdőtályog stb.). A leggyakoribb félheveny mérgezés, amelyre jellemző a csekély betegségérzettel járó, nem görcsös jellegű köhögés után néhány órán belül fellépő diffúz tüdőhurut. Ez súlyos esetben 1-2 nap alatt tüdőgyulladásba megy át és tüdőödema, szívgyengeség és eszméletlenség tünetei között beáll a halál. A mérgezési tünetek rendszerint a belélegzést követő 6-12 óra múlva lépnek fel, de 15-20 perc alatt is kifejlődhetnek. A mérgezésre jellemző a nyálkahártyák és körmök szederjessége, továbbá

<sup>1065</sup> Ütközetgáz. *Magyar Katonai Szemle*, 11. (1941), 12. 748. (VM. 32. alapján)



a híg, habos, citromsárga köpet. A nitrozus gázok a tüdőre gyakorolt hatásuk mellett az idegrendszerre enyhe narkotikus hatást gyakorolnak.”<sup>1066</sup>

„A robbanó anyagok (robbantó szerek) gázai általában mindig tartalmaznak veszélyes mennyiségű szénoxidot. [...] A szénoxid majd minden esetben egyéb gázokkal (szintén toxikusak) keveredve fordul elő (nitrozus gázok, kénhidrogén, kéndioxid stb.). [...]

Ugyancsak tartalmaznak szénoxidot a »robbanási gázok (utógáz bányákban)«.

Haldane és Gruber vizsgálatai szerint a levegőnek 0.05 %-ot meghaladó szénmonoxidtartalma már mérgező, 0.2—0.3%-ot meghaladó tartalom ½ óra alatt súlyos mérgezéseket idézhet elő; 1 % -os szénmonoxid tartalom pedig néhány perc alatt légzési bénulást és halált okoz.

A szénmonoxid toxikus hatása közvetlenül a vérre irányul; a szénoxiddal telített vér nem szállít oxigént a szövetekhez s így még elegendő levegő jelenléte esetén is lassanként oxigénhiány, belső fulladás áll be (szénoxidhemoglobinn).

A mérgeg behatolása és a szervezetből való kiürülése a légzőszervek útján történik. A heveny mérgezés tünetei: kellemetlen közérzet, fejfájás, szédülés, légszomj, hangyamaszás érzése a kezekben és a lábakban, nagy gyengeség és fulladási érzés, látási gyengeség. Súlyosabb esetekben bénulás léphet fel az alsó végtagokban, továbbá 3—20 nap alatt tüdőgyulladás, eszméletlenség, esetleg halál fejlődik ki. Az ilyen bénulás az oka, hogy bányarobbanások esetén a szénmonoxid által mérgezett munkás képtelen menekülni. A látható nyálkahártyák feltűnően világosak. Súlyos szénmonoxid mérgezés utókövetkezményei gyanánt ismételtén észleltek idegrendszeri megbetegedéseket, bénulásokat, látási zavarokat, feltűnő izomgyengeséget stb.”<sup>1067</sup>

A robbantási munkák során jelentkező szén-monoxid-mérgezés sajnos korunkban sem ismeretlen. *Hernád Mária és Kugyela Lóránd 2011-ben a Műszaki Katonai Közlönybe írt cikket,*<sup>1068</sup> Hernád az orvosi, míg Kugyela a robbantási szakember szempontjából vizsgálta ezt a kérdést. A témát részletesen feldolgozó tanulmány előszavában ez olvasható: „A foglalkozási mérgezések között az egyik leggyakoribb a szén-monoxid-mérgezés, ennek egyik oka a robbantási munkafolyamatok során keletkező mérges gázok belélegzése is lehet. Ez a veszély főleg zárt terekben, barlangokban, bányákban, épületekben lezajlott robbanás után lép fel, de előfordult már kőbányászati omlasztás után is. Ilyenkor nemcsak a munkavállalók, hanem a lakosság védelmére is gondolni kell, a közutakon, talajon keresztül a pincékbe, házakba is bejuthat a mérgező gáz. Kiemelt fontosságú mind nyílt, mind zárt térben a szellőztetési, a füstrevárási idő betartása, melyet befolyásolnak a klímaviszonyok, domborzat és természetesen zárt térben az elszívás minősége.”<sup>1069</sup> A szénmonoxid jelenlétének veszélyességére a robbantási munkák során az alábbi megdőbbentő adatokat közlik: „1988 óta az Egyesült Államokban és Kanadában 17 bizonyított és 39 fel-

<sup>1066</sup> Gortvay György: *Munkaegészségtan, II. Ipari mérgek*. Budapest, Magyar Orvosi Könyvkiadó Társulat, 1944. 57–58.

<sup>1067</sup> Gortvay (1944): i. m. 62.

<sup>1068</sup> Hernád Mária – Kugyela Lóránd: Szén-monoxid mérgezés veszélye a robbantástechnikában. *Műszaki Katonai Közlöny*, 21. (2011), 1–4. 109–124.

<sup>1069</sup> Hernád–Kugyela (2011): i. m. 109.

tételezett esetet regisztráltak, amelyek során robbantási feladat végrehajtásakor szén-monoxid-mérgezésben szenvedtek munkavállalók a mély- és külszíni bányákban, építkezéseken, 1 fő meghalt.<sup>1070</sup> 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.”<sup>1071</sup> A tanulmányban a szerzők foglalkoznak a robbanóanyagok oxigénegyenlegével mint a szén-monoxid-mérgezések egyik lehetséges kiváltójával, és bemutatják a szén-monoxid-mérgezés jellemzőit. Olyan kísérleti robbantások eredményeit is közli a cikk, amelyek során a robbantáskor keletkező szén-monoxid mennyiségének megállapítására végeztek műszeres vizsgálatokat fel nem robbant lőszeres és gránátok tűzszerész általi megsemmisítése során, továbbá barlangi robbantásnál és külszíni bazaltkőbányában végzett robbantáskor. A befejező részben a robbantások során esetlegesen keletkező szén-monoxid miatt bekövetkező mérgezések elkerülésének munkavédelmi, munkaegészségügyi vonatkozásairól írnak a szerzők. „A katonai robbantásokkor és nyíltszíni fejtéseken várakozási idő nincs meghatározva, a robbanási gázfelhő szétoszlását követően lehet végrehajtani a robbantógödör ellenőrzését [...] 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.”<sup>1072</sup> „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 gyújtó-zsinór helyett,<sup>1073</sup> így csökkenthető a keletkező mérgező gázok mennyisége. A fentieken kívül elengedhetetlenül fontos minden munkavállaló felkészítése, oktatása a mérgezés tüneteire, minél korábbi felismerésére, valamint a mentés és elsősegélynyújtás kivitelezésére.”<sup>1074</sup>

A föld alatti aknaharc során az árkászokat fenyegető gázmérgezésre már az Osztrák–Magyar Monarchia hadseregében is keresték a megoldást. Ennek keretében került sor *a világon az első gázálarc megalkotására*, ami *Kőszeghy Martony Károly* nevéhez fűződik.

<sup>1070</sup> Hernád–Kugyela (2011): i. m. 115. Hivatkozik: Marcia L. Harris – Richard J. Mainiero: *Monitoring and removal of CO in blasting operations*.

<sup>1071</sup> Hernád–Kugyela (2011): i. m. 115–116. Hivatkozik: US Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine: *Carbon Monoxide is Most Common Poisoning in Workplace*. The Monitor, 2006. december 14. 52.

<sup>1072</sup> Hernád–Kugyela (2011): i. m. 121.

<sup>1073</sup> A robbanózsínórok a detonáció továbbítására és átadására szolgáló, magas hatóerejű, negatív oxigénegyenlegű brizáns robbanóanyagokkal (például hexogén, nitropenta stb.) töltött, védőburkolattal ellátott robbantószerkezetek. A katonai robbantástechnikában elsősorban több töltet egyidejű robbantására alkalmazzák őket. A robbantástechnikában – a feladatok függvényében – 5–40 g/m robbanóanyagot tartalmazó robbanózsínórokat alkalmazhatnak, de speciális munkáknál (például keskeny vasbeton falak robbantásánál) akár 80 g/m töltettömegű zsinórral is találkozunk.

<sup>1074</sup> Hernád–Kugyela (2011): i. m. 122.

*Vidos Géza 1941-es tanulmányában ezt írja róla:*

„Kőszeghy Martony Károly 1783 március hó 12-én született Sopronban, ahol atyja tekintélyes kereskedő volt. A mérnöki akadémia elvégzése után, amelynek egyik legkiválóbb növendéke volt, 1804 július hó 31-én került mint alhadnagy a hadmérnöki karhoz.

1809 május hó 25-én Sankt-Michaelnél (Stájerországban) súlyosan megsebesült és még fel sem gyógyult, már mint lábbadozó, nagy szakértelemmel a dunaföldvári és ercsii erődítéseket tervezte. Ezután különféle békebeosztásokban szolgált, majd 1813-1814-ben ismét a harctéren találjuk, ahol különösen Höningen ostrománál tűntette ki magát.

A háborús korszak lezajlása után állandóan haditechnikai tudományos téren dolgozott; egy aknarobbantási kísérletnél, Bécsben 1827. december hó 4-én, majdnem életét veszítette.

De Martony nemcsak gyakorlatilag, hanem elméletileg is, kiváló munkásságot fejtett ki; több tudományos könyvet írt, amelyek közül a legkiválóbb a Bécsben 1828-ban megjelent »Versuche über den Seitendruck der Erde« című műve.

Az államerődítés terén is értékes tevékenységet fejtett ki Martony. Így az 1833-1838 közötti években Franzensfeste várát építette meg.

1839-től 1845-ig az aknászdzandár parancsnoka volt. Martony leginkább a gázálarc szerkesztésével tette ismertté nevét. Ezt a találmányát a várostromban akkor különösen nagy szerepet játszó aknaharc követelményei hozták létre. Az aknászoknak ugyanis a robbantás után azonnal be kellett hatolniuk a lőporgázokkal elárasztott aknafolyósokba, hogy munkájukat folytathassák. Ezenél a gyakorlatoknál állandóan voltak áldozatok; így pl. 1827-ben három tiszt életét veszítette, egy másik alkalomnál pedig maga Martony vezette a mentőmunkálatokat, amikor élete is súlyos veszélyben forgott, amiért is 1827. december hó 24-én legmagasabb dicsérő elismerést kapott.

A veszteségek elkerülése végett János főherceg tábornagy, hadmérnökkari vezérigazgató, megbízta Martont egy »gázálarc« megszerkesztésével, amely az 1829-1831 közötti években végrehajtott számos kísérlet után elkészült és igen jól bevált.

Martony 1845-ben tábornok és a brünni erődítési kerületi igazgatóság vezetője lett. Kiváló munkásságára a hazai körök is felfigyeltek és a Magyar Tudományos Akadémia 1848. február hó 7-én levelező tagjává választotta; de ezt a megtiszteltetést Martony nagy elfoglaltságára hivatkozva, nem fogadta el.

1848 nyarán, Mészáros hadügyminiszter határozott kívánságára, Pétervárad várának parancsnokává lett kinevezve; de a magyar ügy nagy kárára, éppen tervezett útba indulásának napján, 1848. július hó 21-én Brünnben váratlanul meghalt.”<sup>1075</sup>

*Vajda Pál* egy évvel később megjelent könyvében<sup>1076</sup> ennél részletesebb információkról is olvashatunk a találmánnyal kapcsolatban.

„A gázálarcok feltalálásában nekünk, magyaroknak is jelentős részünk volt. Az európai hadseregek már igen régen szükségét érezték olyan védőkészülékeknek, amelyek lehetővé teszik a robbantó aknába való veszélytelen behatolást akkor is, ha azok életveszélyes

<sup>1075</sup> Vidos (1941): i. m. 153–154.

<sup>1076</sup> Vajda Pál: *Emlékezzünk a régiekről*. Budapest, Vasárnapi Könyv, 1942.

gázokkal vannak megtelve. A franciáknál és a mi hadseregünkben is már 1828-ban tettek idevágó kísérleteket, de teljesen eredménytelenül. Ezt a nehéz problémát a magyar Kőszegi Mártony Károly oldotta meg találmányával, az »életmentő készülék«-kel, a mai gázálarc múlt századbeli ősével. [...]

Találmányát a várvívásban alkalmazott aknaharc követelményei hozták létre. Ugyanis az aknák gyújtása és robbanása után az aknászoknak azonnal be kellett hatolni a lőpor-gázokkal elárasztott aknafolyosókba, hogy munkájukat folytathassák. Minden nemzet mérnökei lázasan keresték a kérdés megoldását, de sikertelenül. Bécsben, 1827-ben a kísérleteknek három tiszt: Hausner ezredes, Rentes százados és Kereszthury főhad-nagy estek áldozatul. A további kísérleteknél részt vett Mártony is, aki szintén élete kockáztatásával tudott csak megmenekülni. 1828 elején József főherceg, királyi helytartó megbízta Mártonyt, aki abban az időben »Tábor intézői fő-strázsamester« (ma megfelel az őrnagyi rangnak) volt, hogy szerkesszen egy életvédő készüléket, amely lehetővé teszi, hogy az aknászok a gázokkal elárasztott folyosókba behatolhassanak. A megbízás után 1829-31-ben Mártony igen sok kísérletet végzett, míg végre elkészíthette készülékét.

Az egykori közlemények szerint »bizonyára nem csekély öröme szolgál édes Hazánkunk tudni, hogy egy magyarnak jutott oly készüléknek a felfedezése, amely minden ily célú készüléknek ügyetlenségét nyilvánabbá teszi és amely nemsokára egész Európában az emberiség javára közönséggé tétetik.« A védőkészülék leglényegesebb része a katona hátára erősített vaspalack volt, amely sűrített levegőt tartalmazott. A sűrített levegő hajlékony csővezetéken át a katona fejére erősített és a külső levegőtől elzárt kecskebőr sisakba tódult és odatódulás közben kis sípon keresztül éles hangot adott. Ha a lélegzéshez szükséges elegendő levegő áramlott a sisakba, akkor ez a hang tiszta, éles volt. Ha kevés levegő áramlott csak keresztül rajta, akkor hangja gyenge és szaggatott volt. Ugyancsak más volt a hangja akkor is, ha túl sok levegő áramlott a sisakba. A katona, vagy aki a sisakot viselte, kis csavarral szabályozhatta a beáramló levegőmennyiséget. Mártony készülékének megvizsgálására 1830. október 30-án bizottságot küldtek ki, amelynek tagjai (egy tábornok és több tiszt a hadmérnöki karból, továbbá a bécsi egyetem fizika és vegytanára), a megejtett kísérlet után a legnagyobb elismeréssel nyilatkoztak és valószínűnek mondták, hogy Mártony készülékét még a víz alatt dolgozó búvárok is eredményesen használhatják. Maga a kísérlet egyébként úgy történt, hogy egy kisebb fellelővári aknában elégettek öt font puskaport. Az így keletkezett sűrű füstbe két teljesen felszerelt »genie« katonát küldtek be annak megállapítására, hogy mennyi ideig tudnak az aknában maradni a Mártony-féle készülékkel felszerelve. A kísérlet, amely 31 percig tartott, a legjobb eredménnyel végződött. A katonák 22 percig voltak benn az aknában és bár erősen felhevültek a furcsa bőrsüveg alatt, egyáltalán nem voltak ellankadva. Az egyik közülük, aki célszerűbben gazdálkodott a levegővel, 31 percig is bírta volna a bennmaradást, ideges vagy félős emberek mindenestre gyorsabban fogyasztották volna el a rendelkezésre álló levegőt, de 15-20 percig a legrosszabb körülmények között is elegendő volt a sűrített levegő a tartályban. A találmány leírása először a »Nemzeti vagy hazai vándor« című pesti naptár 1832. évi kötetében jelent meg Trattner Károly százados leírásában. Maga Mártony pedig 1833-ban Bécsben adta ki ezt a következő cím

alatt: Beschreibung eines k. k. Genie-Corps zustande gebrachten Rettungsapparates in irrespirable! Luft u. der Art seiner Anwendung. Zimmer altábornagy »Abhandlung über die Kriegs-Minen« című 1852-ben, Bécsben megjelent munkájában is igen célszerűnek és megfelelőnek mondja Mártony készülékét, amit egyébként tűzoltásnál is felhasználtak. Mártony egyébként később reagensek alkalmazására is gondolt, amelyek a legveszedelmesebb ártó alkatrészeket is semlegesítik. Hogy mi lett a találmány további sorsa, használták-e a hadseregben, vagy a mindennapi életben (borospincékben pl. szénsav ellen, mély kutakban, tűzvészkor stb.), azt nem tudjuk.<sup>1077</sup>

A fent leírtakat *Hadnagy Imre József 2021-es cikkében*<sup>1078</sup> még az alábbi adalékokkal egészítette ki.

„Hosszú ideig az emberek azt tartották, hogy a gázálcot magyar hadmérnök Kőszeghi Mártony Károly találta fel. Az tény, hogy ő egy olyan készüléket tervezett és gyártatott le, amely használóját megvédte a mérgező gázoktól. A gázálc és az általa feltalált készülék között a végső célt tekintve azonosság van, de a működési elvük lényegesen különbözik. [...] A két készülék közötti különbség, hogy a gázálc egy szűrőszelencén keresztül a környezetből szívott és megtisztított levegővel látja el viselőjét, a légzőkészüléknél ugyanezt oxigén, vagy sűrített levegős palack alkalmazásával teszik lehetővé.”

A gázálc fejlesztésére szóló megbízásban az alábbi követelményeket határozták meg:

- Még a legveszedelmesebb lőporgázzal telt helyiségben is hosszabb ideig való tartózkodást tegyen lehetővé.
- Egyszerű legyen, és bárki használhassa.
- A készülék önálló (a környezettől független) legyen, viselője szabadon, minden akadály nélkül végezhesse feladatát.
- Sokoldalú alkalmazást tegyen lehetővé (a bor forrása idején a pincébe; fojtó levegőjű kútba; tűz esetén az emberek és tárgyak mentése végett az épületekbe be lehessen menni).

Az 1830-as bécsi bemutaton a szakértői bizottság „tagjai katonák, aknászok, tudósok, a tartományi kormány képviselői voltak. [...]”

A bizottsági megmérettetésen a feltaláló készülékét gyakorlatban is kipróbálták, egy aknában öt font puskaport elégettek, a fojtógáz létét gyertyával ellenőrizték. Ezt követően védőkészülékkel felszerelt két katonát küldtek be, akik 22 perc múlva – ugyan felhevülve, de – nem »lankadva« kijöttek, ekkor újra ellenőrizték a lőporgáz jelenlétét. Ismét beküldték a katonákat, akik még 9 percet voltak a kísérleti helyiségben. Összesen 31 percig volt elegendő az egyik palackban tárolt levegő, a másikban még 1/3 rész megmaradt. (A gyorsabb levegővétel, feszült idegi állapot, pszichikai okok lehettek a nagyobb mértékű sűrített levegő fogyás hátterében.) A bizottság összegzett véleménye: »a feladást teljesen megfejtettnek tekintik; minthogy az egyszerű, erős, minden történhetéstől füg-

<sup>1077</sup> Vajda (1942): i. m. 41–44.

<sup>1078</sup> Hadnagy Imre József: A légzőkészülék – azaz Kőszeghi Mártony Károly „életmentő készüléke” – a XIX. század elejének nagy találmánya. *Védelem Online*, 2021. szeptember 13.

getlennek megismertetik és vele minden, még a legromlottabb levegőben is baj nélkül elég ideig tartózkodhatik, és munkálkodhatik«. [...]

A szerző a cikk összefoglalásában ezt írta. „Az »életmentő készülék« a tűzoltók mai légzőkészülékének őse. A találmány elsősorban a katonák munkáját volt hivatott segíteni, másodlagos célként lett megfogalmazva a tűzoltásban való alkalmazása. Az adaptálás, a gyártás időt igényelt, tényekkel igazolható, hogy Kőszeghi Mártony »készületét« a Birodalomban több helyen alkalmazták. Az bizonyos, hogy jelentőségénél kisebb volt a gyakorlati szerepe, nem egészen igazolható a tömeges alkalmazása sem.”<sup>1079</sup>

A cikkhez egy képet is mellékel a korabeli gázálarcról.



75. ábra: Kőszeghy Martony Károly gázálarca

Forrás: Hadnagy (2021): i. m. (Csicsmann Gyula – Galántai Judit: *Világtalálmány parancsra – a világ első sűrített levegős légzőkészüléke*. Budapest, Tűzoltó Múzeum Évkönyve IV. Tűzoltó Múzeum, 2003. 30.)

## 6.2. Robbanóanyagok gyártásával, kezelésével kapcsolatos munkaegészségügyi tanulmányok

A robbanóanyagokkal való munkavégzés során, legyen az akár a gyártási folyamat, akár a robbantási munka előkészítése, az alkotó vegyületek különböző mérgező hatásaival is számolni kell.

Speidl Bódog 1877-ben megjelent, a robbanóanyagokról szóló fejezetben már bemutatott négyrészes cikksorozatában a dinamittal való fizikai kontaktus esetleges veszélyeiről a következőket írta.

<sup>1079</sup> Hadnagy (2021): i. m.



„A dynamit, illetőleg az abban levő nitroglycerin mérgezési tüneteket idéz elő, ha azt pusztá vagy éppen sebzett kézzel fogdossuk, vagy ha dynamittól piszkos kezekkel az arc vagy száj finom hártyáihoz nyúlunk. A dynamittal való kezelés ennél fogva mindig kesztyűvel védett kézzel történjék.

De nem csak a dynamitnak a testtel való érintkezése, hanem oly légkörben való huzamosb lélegzés is, hol nagy mennyiségű fedetlen dynamit áll, fejfájást okoz. Ép úgy az explodált dynamit belélegzett gázai is, az explosió, a dynamit rossz minősége vagy helytelenül eszközölt elrobbantás miatt, nem volt tökéletes. Különben a dynamit robbanásakor szén-sav, vízgőz és légsav képződik, melyek teljesen veszélytelenek.

Egyébként a belélegzés miatti physiologiai hatás korántsem mondható veszélyesnek. A fejfájáson kívül, mely pár óra múlva megszűnik, soha komolyabb baj, belélegzés által, elő nem fordult. Ha a munkások, fedett helyen, a dynamittal való manipulatio folytán kapott főfájás és émelygésen egy párszor túlestek, úgy a gázok belélegzését annyira megszokják, hogy azok rájuk többé nem hatnak. Fődolog az, óvakodjunk, nehogy a dynamit vigyázatlanság vagy rosszakarat folytán, testünkbe jusson.

A dynamit által okozott fejfájás és émelygés ellen a hadmérnöki karnál használnak:

1) jeget vagy hideg vizet, mellyel a fejet borogatják;

2) erős fekete kávé;

3) hányásra ingerlő és hajtó szereket;

4) orvosi rendelés mellett 1/12—1/6 gramm morphiium aceticumot,<sup>1080</sup> mely néhány napon beveendő.

Ezek mind oly dolgok, melyeket legalább a dynamit kezelését intéző közegnek tudni, igen kívánatos.”<sup>1081</sup>

*Bród Miksa az Iparegészségügy folyóiratban az ipari mérgekről közölt egy cikksozotat 1914-ben, amelyek közül a pikrinavról és a nitroglicerintről szólókból idézünk.*

„Hogy a pikrinsav alkalmas-e vagy sem arra, hogy ipari mérgezést hozzon létre, e tekintetben eltérő nézetekre akadunk. Így például Erben csak hozzátvetőlegesen mondja, hogy az idült ipari mérgezés a pikrinsav porának belehelése útján jön létre. Roth is megemlékezik az ilyen fajta ipari mérgezésről, amely szerinte sárgaságot és bőrbajokat okoz. Sommerfeld szerint a pikrinsavval való mérgezés ritkán fordul elő. Ezzel szemben Kobert azon nézetének ad kifejezést, hogy a pikrinsavval való nem halálos mérgezések száma az utóbbi két évtizedben igen tekintélyesen emelkedett. Egyúttal megjegyzi, hogy a mérgezésre a savnak, és összeköttetéseinek gyakori használata szolgálat alkalmat a festésnél és a technikánál.

A pikrinsav mérgezés esetén szétbontja a vér alakelemeit, izgató hatást gyakorol a központi idegrendszerre és ezenkívül hevesen izgató helybeli hatást gyakorol a bőrre, a nyálkahártyákra, a gyomor-bélsatornára, mindenek fölött pedig a vesére.

A pikrinsav por alakjában a légzési szerveken keresztül jut a testbe, a bőrre való hatását pedig közvetlenül fejt ki. Tünetei közül legelsőbben az tűnik fel, hogy sárgára

<sup>1080</sup> Ecetsavas morfiium (acetes morphi), régi szakkönyvekben még ecetsavas szunyal néven is találkozunk vele. Fájdalomcsillapító és görcsoldó hatású.

<sup>1081</sup> Speidl (1877a): i. m. 106.

festi a szem kötőhártyáját, lassankint azonban a sárga színeződés átmegy a bőrre is. Ezt a sárgaságot pikrinsárgaságnak (pikrinicterus) szokták nevezni. A sárgaságra való tekintetből használják a pikrinsavat azok, akik mint szimulánsok a katonai kötelezettség alól akarnak így megmenekülni. A gyomor-bélhuzam csekélyebb fokú izgalmat a munkások aránylag elég jól tűrik. Nagyobb fokú mérgezés esetén a mérgezetek a gyomor tájékán és a belekben érezhető fájdalomról panaszkodnak, rubinvörös hasmenéses székök van, gyakran sárga színű tömeget hánynak, bágyadtak és fáj a fejök. A pikrinsav megtámadja a veséket is és többnyire fájdalom és anuria lép fel. [...] Pikrinsavmérgezésnél, ha csak enyhébb esetről van szó, rendszerint jó eredménnyel szokott járni a gyomorbélcSATORNA kiürítése. A pikrinsav megkötése céljából a megbetegedett egyénnek natriumthiosulfátot lehet adni. Súlyos esetekben az érvágás, vértransfusio stb. jöhet szóba.<sup>1082</sup>

„A nitroglycerin a szervezetbe gőzeinek belehelése útján jut, felvétethetik azonban a sértetlen bőrön keresztül is, továbbá bőrsebekről és a nyálkahártyákról. Rendkívül heves hatású mérég, amelyből állítólag már néhány csepp is halált okozhat. Mérgező voltát ilyenformán talán legjobban a kéksavéval<sup>1083</sup> lehetne egybevetni. Hogy milyen nagy mértékben veszedelmes, azt mi sem bizonyítja inkább, mint az a tapasztalat, hogy nitroglycerin tartalmú termékeknek csupán csak az érintése is mérgezést idézhet elő. A munkások, akik a nitroglycerint készítik, főleg oly módon károsodnak általa egészségükben, hogy a gőzei érik őket és hogy bepiszkítják vele a kezöket. Ugyancsak nitroglycerin-gőzök fenyegetik akkor is a munkásokat, ha robbantások végrehajtása céljából kénytelenek vele foglalkozni. Tünetei mérgezés esetén szédülésben, nehéz légzésben, deliriumokban, eszméletlenségben és hűdésekben nyilatkoznak meg. Ha csak enyhébb mérgezéSRÖL van szó, a mérgezett egyén órákig tartó igen heves főfájásról, szédülésről, rosszullétről, a torokban és a gyomorban fellépő égető érzésről és hányásról panaszkodik. Mindezen tünetekhez hűdési jelenségek csatlakozhatnak, amelyek főkéP a fej- és szemizmokat, továbbá az alsó végtagokat érik. Súlyos esetekben a halál 2—6 óra múlva áll be. Kobert egyebek között Werberre való hivatkozáSSal előadja, hogy már egyetlen csepp nitroglycerinnek a bőrbe való bedörzsölése is tíz óráig tartó súlyos főfájást okozott. Bourrn szerint pedig francia tiszték már attól is megbetegedtek, hogy dynamitpatronokat hosszabb ideig a kezökben tartottak.<sup>1084</sup>

*Hlavács Kornél Ipari alkalmazottak megbetegedésének és balesetének elhárítására vonatkozó óvórendszabályok* című cikksorozatára már utaltunk a szén-monoxid-mérgezésről szóló alfejezetben. 1912 és 1914 között több részben jelentek meg a különböző, robbanóanyagok gyártásánál, szállításánál és raktározásánál betartandó balesetvédelmi rendszabályokkal foglalkozó közlemények az *Iparegészségügy* című folyóiratban. Az anyagok technikatörténeti szempontból a mai robbanóanyag-ipari szakemberek számára is érdekesek lehetnek, hiszen részletesen bemutatják az egyes robbanóanyagok és külön azok alkotórészeinek főbb jellemzőit, a gyártásuk során betartandó biztonsági

<sup>1082</sup> Bród Miksa: Ipari mérgek X. – Pikrinsav. *Iparegészségügy*, 13. (1914a), 4. 4.

<sup>1083</sup> Ciánhidrogén, a vegyi és a gyógyszeriparban használt, keserű manduláéhoz hasonló szagú, illékony, savas hatású folyadék, nagyon erős mérég.

<sup>1084</sup> Bród Miksa: Ipari mérgek XIII. – Nitroglicerín. *Iparegészségügy*, 13. (1914b), 7. 3.

előírásokat, a gyártóüzemek berendezéseit és azok üzemeltetési szabályait mind a munkaadó, mind a munkavállaló szempontjából.

Jelen anyagunkban a *pikrinsavgyártásról* szóló cikkből idézünk:

„A festék és festőgyárakban valamint a robbantóanyag gyárakban a pikrinsav por beszívása súlyos mérgezést okozhat. A mérgezés a piros vértetek elpusztulása és a fehér vértetek túlszaporodása következtében szédüléssel, hányással, diarrhoeával, lázzal, nagy fájdalmakkal és deliriumokkal jár. A külső jel a sárgaság, mely 0.45 gramm bevétele után egy órán belül bekövetkezik.”<sup>1085</sup>

„A gyárba 18 évesnél fiatalabb munkás fel nem vehető. Az alkalmazottak az üzem veszélyeiről kioktatandók. Az akkord munkát<sup>1086</sup> el kell kerülni. A munkásoknak külön étkezőterem rendezendő be. A munkahelyiségekben az étkezés eltiltandó. A munkások számára zsebetlen munkásruhákról kell gondoskodni, amelyeket rendszeresen tisztogatni kell. A munkások tűzszerszámaikat és fém tárgyait a gyárba belépésnél el kell szedni.”<sup>1087</sup>

1912-ben még olvashatták az érdeklődők a szerzőnek az *ammónium-nitrát robbanóanyagok*<sup>1088</sup> és a *trinitrotoluol-gyártás*<sup>1089</sup> egészségügyi és balesetelhárítási szabályairól szóló cikkeit is.

Hlavács Kornélnak a robbantóanyagok gyártására vonatkozó újabb tanulmányai 1914-ben jelentek meg. A nitroglicerinnel bázisú robbanóanyagokról egy háromrészes anyagot közölt az *Iparegészségügy*.<sup>1090</sup> Ugyancsak három részben mutatta be a lőkupak- és gyutacsgyárak óvórendszabályait.<sup>1091</sup>

Nagyot ugrunk az időben *Gortvay Györgynek* a szén-monoxid-mérgezésnél már hivatkozott 1944-es *Munkaegészségtan* című könyvéig. Ennek III. fejezetében az egyes foglalkozások egészségügyével foglalkozik. A hadianyaggyártás munkaegészségügyi kérdéseinek belül a robbantóanyagokkal kapcsolatban az alábbiakat írta:

„Legelterjedtebben használt robbanóanyag a trinitrotoluol (trotyl), a nitroglicerinnel, a nitrocellulózé és a pikrinsav. [...]”

A nitroglicerinnel mérgező hatása 2-3 csepp bevétele, vagy a nitroglicerinnel tárgyak érintése (az ép bőrön át is felszívódik) és a nitroglicerinnel gőzök belélegzése után azonnal jelentkezik, rendszerint heves főfájás formájában. Nitroglicerinnel gyártással foglalkozó

<sup>1085</sup> Hlavács Kornél: Ipari alkalmazottak megbetegedésének és balesetének elhárítására vonatkozó óvórendszabályok – A pikrinsavgyártás. *Iparegészségügy*, 12. (1912a), 7. 4.

<sup>1086</sup> Akkordmunka: teljesítménybér. Forrás: Juhász József – Szőke István – O. Nagy Gábor – Kovalovszky Miklós (szerk.): *Magyar értelmező kéziszótár I.* Budapest, Akadémiai Kiadó, 1989. 17.

<sup>1087</sup> Hlavács (1912a): i. m. 7.

<sup>1088</sup> Hlavács Kornél: Ipari alkalmazottak megbetegedésének és balesetének elhárítására vonatkozó óvórendszabályok – Az ammóniumnitrát-robbantó anyagok gyártásánál betartandó óvórendszabályok. *Iparegészségügy*, 12. (1912c), 12. 5–7.

<sup>1089</sup> Hlavács Kornél: Ipari alkalmazottak megbetegedésének és balesetének elhárítására vonatkozó óvórendszabályok – A trinitrotoluol gyártása. *Iparegészségügy*, 12. (1912b), 14. 5–6.

<sup>1090</sup> Hlavács Kornél: A nitroglicerinnel robbanóanyagok gyártására vonatkozó új óvórendszabályok. *Iparegészségügy*, 14. (1914b), 5. 7.; 6. 5–7.; 7. 5–6.

<sup>1091</sup> Hlavács Kornél: A lőkupak- és gyutacsgyárak óvórendszabályai. *Iparegészségügy*, 14. (1914a), 7. 7.; 8. 5–7.; 9. 5.

munkások a munkába állás után azonnal heves főfájást kapnak, amely csak 24 óra múlva szűnik meg. Később megszokás áll be. [...]

Egészségügyi ártalmak. Az egész hadianyaggyártást az erős savak kiterjedt alkalmazására visszavezethető közvetlen, vagy közvetett savkárosodások és a gépesített gyártási folyamatok, erőátviteli berendezések okozta balesetek jellemzik. [...]

A hadianyaggyártásban alkalmazott munkások foglalkozási betegségei közül első sorban érdemelnek említést a gázmérgeзések (nitrózus gázok, higanygőzök, mustárgáz, anilin, ólommérgeзés stb.). [...]

Munkásvédelmi óvintézkedések. [...] Az alkalmazandó munkásvédelmi intézkedések között legfontosabb a gőzök, gázok, savgázok és a por elszívása, szűrőbetétes gázalarc és oxigén légző használata, állandó intenzív szellőzés. [...] A legtöbb üzemben az alkalmazott munkásokat 14 naponként időszakos orvosi vizsgálatban kell részesíteni, de a munkások felvételét is előzetes orvosi vizsgálathoz kell kötni. Ilyen üzemekben külön gyári orvosi rendelő létesítendő. [...]

A hadianyaggyártó üzem köteles legyen gondoskodni meleg fürdőről, szappanról, törülközőről és egyéb testápoló szerekről (bőrvédő kenőcs stb.) mert itt kétszeresen igaz, hogy a munkásfürdő nem munkásjóléti, hanem munkásvédelmi eszköz. [...]

Fiatalkorúak csak, mint küldöncök, takarítónők, lakatos, kovács, szerelő stb. tanoncok foglalkoztathatók. Nők is nagy számmal dolgoznak a hadianyag-gyártásban, de szoptató anyák, terhes asszonyok aromás nitrovegyületekkel stb. dolgozó üzemekből, valamint az éjjeli munkából kizárandók. Olyan egyének, akiknél különleges idioszinkráziát tapasztaltak (pl. mustárgázzal és nitroglicerinnel szemben), azonnal kizárandók ebből a munkából és más munkafolyamatba helyezendők át. [...]

A trinitrotoluolt gyártó és feldolgozó üzemekben a munkaidő rövidebb (legfeljebb négy óra) legyen. A mérgeзések elhárítása érdekében különös gondot kell fordítani a munkahelyiségek tisztántartására, szellőztetésére, jól záró mosható munkaruhák és kesztyűk viselésére, az egyéni tisztaságra, a száj higiéniére, porvédők alkalmazására, kötelező naponkénti fürdőkre. A fiatalabb munkásokat és nőket lehetőleg más munkakörbe kell áthelyezni. Időszakos orvosi vizsgálat négy hetenként. Borbély Ferenc két hetenként preventív májinjekciókat ajánl, amelyek a vérképző szervek károsodásán átsegítik a szervezetet.”<sup>1092</sup>

A katonák „hivatási megbetegedéseinél” többek között a következőket említette:

„A katonai hivatás a hadászati technika fejlődése következtében egészen, más megítélést kíván munkaegészségügyi szempontból ma, mint régebben. [...]

Pionírok (utász, hidász, árkász) jellegzetesebb sérülései [...] robbantásnál pikrinsav-, trinitrotoluol-, nitrózus gáz-, szénoxidmérgeзés, robbanási sérülések, légnyomás stb. [...]

Tüzérek hivatási megbetegedései: fedett tűzérsegi állásokban robbanási gázok okozta mérgeзés.”<sup>1093</sup>

<sup>1092</sup> Gortvay (1944): i. m. 154–158.

<sup>1093</sup> Gortvay (1944): i. m. 161–162.

A robbanóanyag-iparban betartandó balesetvédelmi és egészségügyi jogszabályokkal a későbbiekben is találkozunk:

- A nehézipari miniszter 3/1971. (V. 25.) NIM számú rendelete: Vegyipari balesetelhárító és egészségvédő óvórendszabály. IV. fejezet, Robbanóanyagipar.<sup>1094</sup>
- 2/1987. (II. 17.) IpM rendelet a Robbanóanyagipari Biztonsági Szabályzat köz-zétételéről.
- 27/2022 (I. 31.) SZTFH (Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága) ren-delet Az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatról.<sup>1095</sup>

Dr. Herbert Holluba tanácsos, az Osztrák Köztársaság igazságügyi robbantástechnikai szakértőjének *Robbantástechnika* című kézikönyve<sup>1096</sup> II. fejezetéből jelent meg egy közlemény Haralyi László fordításában a *Műszaki Katonai Közlönyben 1994-ben*.<sup>1097</sup>

Ebben a kémiai robbanóanyagok emberi szervezetre gyakorolt hatásainak bemutatásakor egyrészt ír a robbanóanyagokból távozó gőzök és a robbanáskor keletkező gázok belélegzése okozta ártalmakról, másrészt pedig a robbanóanyagok kezelése (rakodás, töltet-összeállítás, töltetfuratok töltése) során a cseppfolyós alkotórészeknek (robbanóolaj<sup>1098</sup>) a bőrön keresztül történő felszívódása következtében bekövetkező lehetséges egészségkárosodásokról.

A robbanáskor keletkező káros gáztermékekkel kapcsolatban leszögezi, azok képző-dése a lejátszódó kémiai-fizikai folyamatok eredménye, ezért teljesen soha nem szüntet-hető meg. „Mennyiségük és egészségkárosító hatásuk viszont, gondos és szakszerű mun-kával jelentősen csökkenthető, ami elsősorban a szabadban végzett robbantásoknál nagy jelentőségű, ahol mesterséges szellőztetés nincs.”<sup>1099</sup> A veszélyes gázok közül kiemeli a szén-monoxidot és a nitrogén-monoxidot, amelyek belélegzése fejfájást, szédülést, émely-gést, fulladást és végkövetkezményként halált is okozhat. A levegőnél nehezebb gázokról lévén szó arra is felhívja a figyelmet, hogy azok a mélyedésekben összegyűlhetnek, de sok marad belőlük a jövesztett anyagban és a meddőben. Ugyancsak elővigyázatosnak kell lenni az aknakutakban, kis méretű munkagödrökben, tárnákban végzett robbantások során is. Ezért ezekre a robbantási helyszínekre csak alapos szellőztetés vagy hosszabb várakozási idő után javasolt belépni. A nitrózus gázokkal kapcsolatban megjegyzi azt is, hogy a hatásuk néha csak a belélegzésük után néhány óra elteltével jelentkezik.

A nevezett gázok okozta mérgezések megelőzése céljából az alábbi robbantástechnikai és -technológiai szabályok betartását javasolja:

- „csak kifogástalan állapotú gyújtószert használjunk;
- ne használjunk lejárt tárolási (szavatossági) idejű robbanóanyagot;

<sup>1094</sup> Vegyipari balesetelhárító és egészségvédő óvórendszabály. IV. fejezet. Robbanóanyagipar. A nehézipari miniszter 3/1971. (V. 25.) NIM számú rendelete. Budapest, Táncsics, 1972.

<sup>1095</sup> 27/2022 (I. 31.) SZTFH (Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága) rendelet Az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatról. *Magyar Közlöny*, (2022. január 31.), 17. 915–984.

<sup>1096</sup> Herbert Holluba: *Sprengtechnik*. Wien, Österreichischer Gewerbeverlag, 1993.

<sup>1097</sup> Haralyi László (ford.): A robbanóanyagok hatása az emberi szervezetre. *Műszaki Katonai Közlöny*, 4. (1994), 2. 25–28.

<sup>1098</sup> Nitroglicerín, nitroglikol stb.

<sup>1099</sup> Haralyi (1994): i. m. 25.

- a tölteteket jól fojtsuk le;
- a fojtás ne tartalmazzon szerves anyagot;
- lehetőleg elektromos gyújtást alkalmazzunk;
- az időzített gyújtózsínór ne érintkezzen a bázis robbanóanyaggal;
- pontosan mérjük ki a fűrólyukak távolságát és mélységét;
- ne töltsük túl a fűrólyukat;
- a por alakú, robbanózseltint nem tartalmazó robbanóanyagokat ne tömörítsük (ne döngöljük le) túlságosan;
- a meddőt (a kirobbantott alapgödrt) tartsuk nedvesen, illetve locsoljuk le.”<sup>1100</sup>

A robbanóolaj-tartalmú robbanóanyagokban lévő nitroglikollal kapcsolatban megjegyzi, hogy az a bőrön keresztül gyorsan felszívódik, és a szív koszorúereire hat, tágítja azokat.<sup>1101</sup> A káros hatások elkerülése érdekében az alábbiakat javasolja a szerző (a fordító megjegyezte, hogy ugyanezek a szabályok vonatkoznak a trotil kezelésére is):

- „a csomagolásuktól megfosztott robbanóanyagokat pusztá kézzel ne fogjuk meg;
- a robbanóanyaggal szennyezett kézzel ne együnk és ne dohányozzunk;
- használjunk gumi védőkesztyűt;
- a robbanóanyagok (préstetek, töltények) csomagolását még a fűrólyukba helyezéskor se bontsuk fel
- a munkahelyen fejfájás elleni gyógyszert és C-vitamin-tablettát célszerű készenlétben tartani”.<sup>1102</sup>

Az alfejezet befejező részében *Hernád Máriának*,<sup>1103</sup> a Magyar Honvédség 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Ezred Egészségügyi Központ mb. vezető orvosának a robbanóanyagok kezelése során lehetséges egészségügyi ártalmakról szóló, a *Műszaki Katonai Közlöny* folyóiratban 2007 és 2013 között megjelent cikkeiből szemlélünk.

*A robbanóanyagok toxikológiájáról*, ezen belül a trotil gyártása és a vele történő munkavégzés során lehetséges veszélyekről szóló cikkében<sup>1104</sup> ezt olvashatjuk. „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 475 halálos mérgezés történt az Egyesült Államokban.”<sup>1105</sup>

<sup>1100</sup> Haralyi (1994): i. m. 26.

<sup>1101</sup> Megjegyezzük, hogy a nitroglicerint 1846-ban feltaláló olasz fizikus és gyógyszerész, Ascanio Sobrero eredetileg szívgyógyszert akart előállítani, de a hexogént is gyógyszerkutatás eredményeként fedezte fel 1899-ben a német Hans Henning.

<sup>1102</sup> Haralyi (1994): i. m. 28.

<sup>1103</sup> Dr. med. Hernád Mária (PhD), foglalkozás-orvostan és munkahigiénés szakorvos. *A robbanás és a robbanóanyagok emberi szervezetre gyakorolt hatásai és megelőzésének lehetőségei* címmel megvédett doktori disszertációban összegezte ez irányú speciális orvosi ismereteit.

<sup>1104</sup> Hernád Mária: Robbanóanyagok toxikológiája I. – TNT. *Műszaki Katonai Közlöny*, 17. (2007), 1–4. 191–198.

<sup>1105</sup> Hernád (2007): i. m. 191.



„Méregződés lehetséges gyártás, csomagolás, raktározás, felhasználás során, ezért előre kiszerelt, 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. Robbantás során mérgező égéstermékek (nitrózus gázok) keletkeznek, ezért a területet csak a robbantási technológiában előírt szellőztetési idő után szabad megközelíteni.”<sup>1106</sup> A robbanóanyag okozta mérgezés tüneteinek bemutatása után az alábbi gondolatokkal zárja az anyagot: „Mivel a bőrön át is felszívódhat, rendkívül fontos a megfelelő védőruházat, védőkesztyű, védőszemüveg, műszak utáni fürdés. A fentiek ismeretében belátható, hogy mennyire fontos a megfelelő védelem, műszaki intézkedések és egyéni védőeszközök használata. A parancsnokok, munkavédelmi tisztek és az egészségügyi szakállomány fordítsanak fokozott figyelmet az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés körülményeinek biztosítására.”<sup>1107</sup>

A robbanóanyagok toxikus hatásai közül a *hexogénról (RDX) és a nitropentáról (PETN)* szóló cikkének<sup>1108</sup> bevezető soraiban az alábbiakra hívja fel a figyelmet. „Mind a polgári, mind a katonai felhasználása jelentős a Semtex és a C-4 típusú készítményeknek, legjelentősebb összetevőjük a hexogén és a nitropenta, melyek szervezetre gyakorolt hatásait az alábbiakban részletezem.”<sup>1109</sup> A hexogénról – többek között – ezt írja: „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, neurotoxicitás általában így alakul ki. Kiválasztása a vizelettel és a légzéssel változatlan formában történik. Pár nap alatt kiürül a szervezetből. [...] Halálos mérgezést az irodalomban még nem írtak le. [...] Mivel a bőrön át is felszívódhat rendkívül fontos a megfelelő védőruházat, védőkesztyű, védőszemüveg, műszak utáni fürdés és az esetleges sérülések minél korábbi szakszerű ellátása. Munkahelyeken a dohányzás és az étkezés tilos, csak a megfelelően kialakított szociális helyiségekben lehet étkezni és a kijelölt dohányzóhelyen lehet dohányozni alapos kézmosás után. A robbanóanyag felhasználásához, darabolásához alkalmazott eszközöket más célra használni tilos.”<sup>1110</sup>

„[A] nitroglicerinhoz hasonlóan, a nitropenta is hatékony értágító gyógyszer, amelyet Nitropenton néven iszkémiás szívbetegségekben használnak. [...] Felszívódik bőrön, nyálkahártyákon, emésztőrendszerből, légutakon. Májban metabolizálódik, köztitermékei

<sup>1106</sup> Hernád (2007): i. m. 194.

<sup>1107</sup> Hernád (2007): i. m. 197.

<sup>1108</sup> Hernád Mária: Robbanóanyagok toxikológiája II. – RDX, PETN. *Műszaki Katonai Közlöny*, 18. (2008), 1–4. 41–52.

<sup>1109</sup> Hernád (2008): i. m. 41.

<sup>1110</sup> Hernád (2008): i. m. 45–48.

is biológiailag aktív vegyületek pl. a pentaeritrol-trinitrát, mely hatásosabb értágító, mint az eredeti molekula. Vesén keresztül választódik ki. [...] Krónikus mérgezés esetén (robbanóanyag gyártás) nitrát-tolerancia alakulhat ki. [...] A megelőzésre ugyanazok a szabályok vonatkoznak, mint amelyek a TNT, vagy az RDX esetében már tárgyalásra kerültek.”<sup>1111</sup>

2009-ben jelent meg Hernád Máriának a *robbanóanyagok munkaegészségügyi vonatkozásairól* szóló cikke<sup>1112</sup> a *Műszaki Katonai Közlöny*ben. Bevezetőjében az alábbi összefoglalóját adja az írásnak: „Minden munkavállaló számára fontos, hogy megismerje a munkakörülményeit és felismerje felhasznált vegyi anyagok mérgező hatásait. Az Európai Unió alapelvek szerint a munkáltató kötelessége a felvilágosítás, oktatás, az egészséges és biztonságot nem veszélyeztető munkakörülmények biztosítása. A tűz-szerészeknek, műszaki katonáknak, robbantómestereknek a robbanóanyagokat kell ismer-  
nie, és nemcsak azt, hogy hogyan kell felhasználni, hanem azt is, hogy melyek az általuk okozott kórképek, betegségek és hogyan előzhetők meg ezek. Jelen előadás talán rávilágít arra, hogy a munkavédelmi szabályok betartásával, a védőeszközök alkalmazásával megvédhetjük magunk és bajtársaink egészségét, testi épségét.”<sup>1113</sup>

Az egészséges munkahellyel kapcsolatban az alábbi elvárásokat fogalmazza meg: „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 csökkentésére. A munkáltató köteles minőségileg, illetve szükség esetén mennyiségileg 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. Az értékelés alapján olyan megelőző intézkedéseket szükséges hozni, amelyek biztosítják a munkakörülmények javulását, beépülnek a munkáltató valamennyi irányítási szintjén végzett tevékenységbe. A kockázatértékelés elvégzése munkabiztonsági és munka-egészségügyi szaktevékenységnek minősül. A kockázatértékelést a kémiai biztonság területén a külön jogszabályban foglaltak szerint kell elvégezni. [...] A következő higiénés szabályok betartása és betartatása minden munkáltató felelőssége. Munkahelyeken a dohányzás és az étkezés tilos, csak a megfelelően kialakított szociális helyiségekben lehet étkezni és a kijelölt dohányzóhelyen, lehet dohányozni alapos kézmosás után. A robbanóanyag felhasználásához, darabolásához alkalmazott eszközöket más célra használni tilos. A robbanóanyagokkal való munka közben történt sérülést alaposan ki kell tisztítani és ellátni. Munka után alapos kézmosás és fürdés szükséges. Szennyezett munkaruhát hazavinni tilos. Amennyiben a kollektív védelemre nincs lehetőség vagy nem megfelelő mértékű, egyéni védőeszközöket kell alkalmazni. Robbanóanyagok használatakor az alábbiakra

<sup>1111</sup> Hernád (2008): i. m. 48–51.

<sup>1112</sup> Hernád Mária: Robbanóanyagok munkaegészségügyi vonatkozásai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 19. (2009b), 1–4. 139–152.

<sup>1113</sup> Hernád (2009b): i. m. 139.

lehet szükség: védőszemüveg, részecskeszűrő típusú légzésvédő: FFP3 P3 osztályú félálarc, védőruha, vegyi anyagok elleni védőkesztyű.”<sup>1114</sup>

A tanulmány második részében a tűzserész munkakör alkalmassági vizsgálatáról, valamint a trotil, a hexogén – fent már tárgyalt – egészségkárosító hatásairól olvashatunk.

A *tűzserészfeladatok végzése során előforduló munkaegészségügyi kockázatokról* szóló 2010-es cikkben<sup>1115</sup> a robbanóanyagokkal végzett tevékenység és a robbantások következtében jelentkező veszélyekre is felhívja a figyelmet. „Az ember életében a munkakörnyezet, valamint a munkavégzés által okozott megterhelés és igénybevétel meghatározó tényező az egészségi állapot szempontjából, különösen igaz ez a tűzserészek esetében. Az egészségkárosító hatások nemcsak az igen magas baleseti kockázatnak köszönhetők, hanem a védekezést szolgáló eszközök és technológiák, a jelenlévő vegyi anyagok is veszélyt hordoznak magukban. [...] [Ö]sszefoglalom ezen károsító hatásokat, kiemelten a vegyi, fizikai, ergonómiai tényezőket, amelyek megfelelő védőeszközökkel, a munka higiénés szabályok betartásával megelőzhetők.”<sup>1116</sup>

Bemutatja a legfontosabb robbanóanyagok (ammónium-nitrát, hexogén, higanyfulminát, nitroglicerín, nitropenta, ólom-azid, ólom-sztfínát, pikrinsav, tetril, trotil) egészségkárosító hatásait, majd felhívja a figyelmet a robbanási gáztermékek lehetséges mérgező hatásaira. „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<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C;
- N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>N<sub>2</sub>, HCN, NO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>;
- SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HCl, Cl<sub>2</sub>;
- fém-oxidok, -karbonátok, -bikarbonátok, -cianidok, -szulfátok, -szulfitok, -szulfidok, -kloridok.

A robbanási gázok összetételét az oxigénegyenlegen kívül befolyásolhatja annak fizikai állapota, a felhasználás körülményei (pl. tökéletlen robbanás, fojtás hiánya), az iniciálás módja, kedvezőtlen időjárási viszonyok (szélcsend, leszálló légáramlatok) is.

A keletkező mérgező gázok esetében nem hagyható figyelmen kívül rendkívüli egészségkárosító és környezetszennyező hatásuk sem. A legnagyobb jelentősége a szén-monoxidnak van mind az egészségügyi hatások megjelenésének kockázata, mind a robbanás során keletkezett mennyiség miatt.”<sup>1117</sup>

2013-ban az *ipari robbanóanyagok toxikológiájáról* is írt egy cikket Hernád Mária.<sup>1118</sup> A nitroglicerín, a nitroglikol és az ammónium-nitrát robbanóanyagok főbb

<sup>1114</sup> Hernád (2009b): i. m. 141–142.

<sup>1115</sup> Hernád Mária: Az EOD feladatok végrehajtásakor előforduló munkaegészségügyi kockázatok. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20. (2010), 1–4. 309–326.

<sup>1116</sup> Hernád (2010): i. m. 309.

<sup>1117</sup> Hernád (2010): i. m. 316.

<sup>1118</sup> Hernád Mária: Ipari robbanóanyagok toxikológiája. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23. (2013b), 2. 105–113.

tulajdonságainak, valamint lehetséges egészségkárosító hatásaiknak a bemutatása után kitér az ezek kezelése során betartandó munkahigiénés szabályokra is. A közleményt az alábbi gondolatokkal zárja. „Az iparban használatos ammónium-nitrát alapú robbanóanyagok, emulziók és dinamitok a katonai robbanóanyagokhoz képest kevésbé mérgezőek ugyan, de jóval nagyobb mennyiségben alkalmazzák őket. Egy robbantás alkalmával több tonnát is betöltenek a bányákban több méter mélyre fúrt, előkészített töltetüregekbe, legtöbbször zsákokból öntik ki a robbantóanyagokat az ANDO-t, még az emulzió »szalámikat« is felbontják az iniciálás miatt a robbantómesterek. Ezalatt a kezükre, légutak nyálkahártyáira, szembe kerülhet a robbanóanyagok pora, hőmérséklettől függően a gőze is. Nincs ez másként a különböző dinamitok kezelésénél sem. Az ammónium-nitrát kevésbé, viszont a nitroglicerinn és a nitroglikol nagyon mérgező, könnyen felszívódik, hatását gyorsan kifejti az érrendszerre, melyet igen kis mennyiségben adagolva a gyógyászatban ki is használunk.

A mai jogszabályi környezet megköveteli, fejlett ipari lehetőségek és megfelelő védőeszközök alkalmazása és néhány alapvető munkahigiénés rendszabály betartása lehetővé is teszi, hogy foglalkozási mérgezés robbanóanyagok kezelése közben nem fordulhasson elő.”<sup>1119</sup>

### **6.3. A robbanás emberi szervezetre gyakorolt hatásával, a robbanásos sérülésekkel foglalkozó cikkek**

1992-ben a Magyarországon tett látogatása során Richard L'Abbé úr, a világ egyik legjobb (ha nem a legjobb) tűzszerező bombaruháit gyártó kanadai Med-Eng System Inc. cég igazgatója egy szakmai napot tartott az Építéstudományi Egyesület Robbantástechnikai Szakosztályának érdeklődő tagjai részére. A bemutatott EOD-7 védőruha tárolóládájában egy angol nyelvű füzetecske is volt, amelyben a kanadai „R&D” csoport által az IABTI<sup>1120</sup> hivatalos folyóirata, *A detonátor számára készített Robbanások hatásai* című ötrészes cikksorozat tanulmányai voltak olvashatók. A bombaruhát gyártó cég ugyanis a robbanások során létrejövő különböző, az emberi szervezetet károsító fizikai hatások (túlnyomás, repeszhatás, fellökés és hőhatás) következményeinek vizsgálata alapján kezdte fejleszteni a termékeit. Az anyagot elkértem azzal, hogy szeretném lefordíttatni és közreadni a *Műszaki Katonai Közlöny* folyóiratban. Az engedélyt megkaptam, és Susánszki Zoltán<sup>1121</sup> munkája nyomán jelenhetett meg 1993-ban az első olyan szakmai anyag Magyarországon, amely teljes részletességgel vizsgálta a robbanás emberi szervezetre gyakorolt hatásait.

<sup>1119</sup> Hernád (2013b): i. m. 112.

<sup>1120</sup> International Association of Bomb Technicians and Investigators.

<sup>1121</sup> Dr. Susánszki Zoltán, a Műszaki Egyetem adjunktusa, aki doktori disszertációját *A robbantó mélyhúzás energiaközlési folyamatának műszeres vizsgálata* címmel írta. Bővebben lásd még Lukács–Szalay (2020): i. m. 194–242.

Az alfejezetben bemutatjuk a katonai szakfolyóiratokban megjelent, robbanásos sérülésekkel foglalkozó cikkeket, tanulmányokat. Az anyag végén kitekintést adunk a külföldi katonai anyagokban ebben a témakörben megjelent közleményekre is.

Az emberiség történelme egyben a különböző célokért folytatott fegyveres csaták, küzdelmek történelme is. Sokáig – az alkalmazott fegyverek függvényében – a szúrt, vágott és lőtt sebek ellátása volt az egészségügyi ellátást aktuálisan végzők feladata. A tűzfegyverek tömegessé váló alkalmazásával az emberi testbe csapódó lövedékek eltávolítása érdekében folyó kutatások eredményeiről számol be a *Ludovica Akadémia Közlönyében 1891-ben* megjelent cikk.

„Az osztrák-magyar s a legtöbb hadsereg új kézi fegyvereinek lövedékei ólommagból és aczéلبurkolatból állanak. Ezen sajátságosság, a mi a régebben használt, kizárólag ólomból készített lövedékektől a maiakat megkülönbözteti, az orvosra nézve igen fontos s e körülményre eddig nem igen fordítottak figyelmet. A tárgyról dr. Gärtner a »Wiener kl. Wochenschrift«-ben a következőleg értekezik.

Ilyen aczéلكöpenyű lövedéknek az emberi testben való létét ugyanis mindig és pedig biztosan ki lehet mutatni és a legtöbb esetben lehetséges is annak helyét igen pontosan megállapítani.

A kipuhatolás delejes úton történik és azon készülékek segítségével, a melyeket eddig csak a behatolt varrótűk felkeresésére használtak. Dr. Edelman az ismeretes elektrikus e részben érdemeket szerzett magának az e célra szolgáló készülékek szerkesztése által s azokat a tábori sebészek minden esetben használhatják.

A készülékek és az eljárás részleteire itt nem terjeszkedünk ki, s csak annyit említünk meg, hogy először a testbe hatolt aczéلدarabot delejjé változtatják, a mennyiben azon helyet, hol azt sejtik, erős delejjel dörzsölik. Azután érzékeny delejtű segítségével vagy külön e célra szolgáló készülékkel (Lamont féle magnetoskop) a bőrön megállapítják azon pontot, a melyhez, az idegen test legközelebb van.

Nincs kétség benne, hogy ha a lövedék még oly mélyen behatol is az emberi testbe, azt könnyen fel lehet találni. Az új fegyverekből kilőtt lövedékek nagy becsapó erejének minden esetre az lesz a következménye, hogy az orvosnak azokat kevesebb esetben kell eltávolítani a testből, mint régebben; de azért benrekedések a jövő háborúban is előfordulhatnak s azért az orvosok és elektrotechnikusok körültekintése és kísérletezése e részben még mindig fontos és szükséges.”<sup>1122</sup>

*Dr. Kovács Áron* honvéd ezredorvos *Önsegély sebesülés esetén a harcztéren* című, 1892-ben ugyancsak a *Ludovika Akadémia Közlönyében* megjelent cikkében<sup>1123</sup> sem írt a lőtt sebeken kívül más, például robbanásos sérülés esetén szükséges ellátásról.

Hogy a robbanásnak lehetnek olyan következményei, amelyek erősen eltérőek az addig „megszokott” harctéri sérülésektől, és emiatt más orvosi ellátást igényelhetnek, az a robbantóanyagokról szóló fejezetünkben már idézett, *A dinamit és a robbanóanyagok* címmel 1893-ban megjelent cikk egyik bekezdésében olvasható. „Egyáltalában különbség

<sup>1122</sup> Az emberi testbe behatolt lövedékeknek delejes úton való kipuhatolása. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1891). 722.

<sup>1123</sup> Kovács Áron: *Önsegély sebesülés esetén a harcztéren*. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1892). 520–527.

teendő a kifejtett dinamikai nyomás és a voltaképeni hatás között. Abból, hogy például a dinamit tízszer oly erős pressiót fejt ki, mint a közönséges lőpor, nem kell azt következtetni, hogy hatása is tízszer akkora. A valódi munkamennyiség szempontjából véve (ami az ipar terén a mérvadó tekintet) nem létezik oly robbanó anyag, mely a lőporral elért munkaerő háromszorosát túlhaladná. Ez azon tényben leli magyarázatát, hogy a nyomó (feszítő) erő és a propulsio hatásai a valóságban egymással nem egyenlők. Így pl. egy fal, melyet a lőpor lökő hatással rombolna le, dinamittal azon anyagoknak, melyek azt képezik, közvetlen szétbontása által omlasztatnék össze. És e különleges hatás fejt meg azt, hogy a dinamit-robbanások áldozatai mindig súlyosabban sebesülvők, mint a minőknek első pillanatra látszanak. Az egész csontrendszer érintetlennek látszhatik és mégis – egészen a csontvelőig – desorganizálva lehet. Legkisebb sebesülés látszata nélkül a szenvedett sérülés gyakran halálos.”<sup>1124</sup>

Ennek ellenére *Haraszti Bernolák József* m. k. honvéd-főtörzsorvos *1894-ben* írt, *A római XI-dik nemzetközi orvosi kongresszuson szerzett tapasztalatok* című közleményében szintén csak a lőtt sebek ellátása terén szerzett információkról számolt be.<sup>1125</sup>

Robbanási sérülésekről a későbbi időszakban is alig lehetett olvasni a szakfolyóiratokban. Ennek okára *Serényi Pál orvos-főhadnagynak* az *1952-ben* rendezett honvédorvosi tudományos értekezleten elhangzott előadása világít rá.<sup>1126</sup> „A robbanáshullám sérülést okozó hatása nem régen ismert. Az első világháborúban tettek említést róla első ízben. Az újabb háborúban, a spanyol, de különösen a második világháborúban, a modern hadviselés következtében egyre gyakoribbá vált ez a sérülésfajta. Az összes mellkasi sérülések 2-3%-át tette ki, nem számítva a polgári lakosság körében előforduló sérüléseket, melyeknek száma még nagyobb volt.”<sup>1127</sup>

A továbbiakban a szerző pontosan írja le a robbanáskor keletkező gáztermékek pozitív nyomáshullámát, majd az ezt követő negatív szívóhatást. „Anélkül, hogy a robbanáshullám sajátosságait mélyebben boncolgatnánk, két jellegzetes tulajdonságát kell megemlítenünk:

1. Valamely közegben (levegő, víz) hullámmozgásban haladva előre, annak a közegnek részecskéit nem ragadja magával. Ezek a részecskék csak oscilláló mozgást végeznek, mely mozgás nem terjed túl a hullám amplitúdóján.
2. A látszólag szeszélyes viselkedés, melynek magyarázata az, hogy a hullámok megtörnek valamely felületen, visszaverődnek, a visszavert hullámok interferálódnak. A találkozó hullámok superponálódhatnak, felerősödhetnek, vagy kiolthatják egymást, aszerint, hogy milyen fázisban találkoznak.

A robbanáshullám actív része, a keletkezett és kiterjedt gázok hydrostaticus nyomása, mely minden irányban egyenlő erővel hat. Ehhez járul az összenyomott levegő

<sup>1124</sup> A dinamit és a robbanóanyagok (1893): i. m. 331.

<sup>1125</sup> Haraszti Bernolák József: A római XI-dik nemzetközi orvosi kongresszuson szerzett tapasztalatok. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1894), 5. 638–658.

<sup>1126</sup> Serényi Pál: Robbanáshullám által okozott mellkasi sérülések. *Honvédorvos*, 4. (1952), 3–4. 291–295.

<sup>1127</sup> Serényi (1952): i. m. 291–292.



légnyomása, mely a hydrostaticus nyomásnál még nagyobb lehet, és csak a robbanás irányában érvényesül. Ezt követi a légritkulás következtében létrejövő negatív fázis, mely a robbanás centruma felé rántja az útjába eső tárgyakat.

A robbanáshullám következtében mellkasi, hasi és központi idegrendszeri sérülések jöhetnek létre. Az elváltozásokat rendszerint társsérülések kísérik, mint égés, CO mérgezés, törések stb.

A mellkasra gyakorolt hatás következtében sérülhet a mellkasfal (borda, clavicula törés, égés), sérülhetnek a mellkasi szervek. A szervsérülések közül a szív, nagyerek, a ductus thoracicus és az oesophagus rupturája fordulhat elő járulékos következményeivel. [...] A szerzők általában egyetértenek abban, hogy a tüdőelváltozás legtöbbször nem magyarázza a halált. Ez a kérdés még nincs teljesen tisztázva. (Zuckermann, Hadfield.) A sérülések keletkezését három elmélettel igyekeztek magyarázni:

- I. A szívóhatás következtében az alveolaris nyomás kisebbedik, és ezt az alveolusok falában lévő capillárisok repturája követi.
- II. A tüdő, a behatoló gáz következtében hirtelen kitágul.
- III. A mellkasfalat a robbanás pozitív hulláma hirtelen összenyomja.

A gyakorlati és kísérletes vizsgálatok eredményeképpen Zuckermann az utóbbit tartja valószínűnek. Különböző távolságból kísérleti állatokat tett ki robbanáshullám hatásának, és azt találta, hogy ha mindkét mellkasfalukat egyenlő mértékben érte a hullám, egyenlő elváltozások jöttek mindkét tüdőben létre.”<sup>1128</sup>

Ezt követően a robbanási sérülteknél jelentkező tünetekről ír a szerző. Kiemeli, hogy: „Röntgenelváltozások az esetek felében hiányoznak. [...] Jellemző, hogy a röntgen elváltozás sokszor csak 3-14 nappal a sérülés után jelentkezik, néha interlobáris folyadék formájában, máskor mint bronchopneumoniás kép. Igen gyakran jelentős vérzés mellett sincs röntgenelváltozás. [...] A kezelésnél legfontosabb a tünetek felismerése. Különösen lényeges az azért, mert a kórismézés legtöbbször igen nehéz, mert a tünetek sokszor csak 2-3 nap múlva jelentkeznek, és végül, mert a csaknem mindig jelenlévő társsérülések fedhetik a tüdőlaesio tüneteit.”<sup>1129</sup> A cikket a kezelés során alkalmazandó terápiás lehetőségekkel zárva kiemelte, hogy a „[N]agy statisztikák szerint a robbanáshullám által okozott tüdőszérülések mintegy 8—10 százaléka halálos kimenetelű”<sup>1130</sup>

Serényi csak a robbanási túlnyomás által okozott tüdőszérülésekről írt. Ezt követően a robbanási dőrej okozta *hallássérülések elkerülése* érdekében folytatott amerikai kísérletekről olvashattunk a *Honvédségi Szemle* Külföldi katonai hírek rovatában 1960-ban. „Az USA-ban kísérleteket folytatnak azzal kapcsolatban, hogy megakadályozzák a robbanás által okozott süketiséget. A kísérletek során bebizonyosodott, hogy ha az ágyúzást megelőző másodperc töredéke alatt egy kis ártalmatlan zajt hoznak létre, ez arra készíti középfülben levő szervet, hogy megvédje a fül belső részét a nagy zajjal szemben. A kutatások során annak az eshetősége merült fel, hogy a gránátokat, vagy a lövegeket

<sup>1128</sup> Serényi (1952): i. m. 292–293.

<sup>1129</sup> Serényi (1952): i. m. 294.

<sup>1130</sup> Serényi (1952): i. m. 295.

úgy tervezik, hogy azok a tüzelés előtt automatikusan védőhangot bocsássanak ki, hogy ezáltal a kezelőszemélyzetet, vagy pedig a környéken tartózkodó személyeket megvédjék a süketség ellen. Ez a védőzaj ún. hallási reflexeket fog előidézni, aminek következtében a középfülben levő izmok megfeszülnek, és ezáltal csökkentik a hangátvitelt a belső fülbe. A tapasztalat azt mutatta, hogy ha a tüzelést megelőző másodperc 200 ezred része alatt megszólaltatják ezt a védőhangot egészen a tüzelés befejezéséig, akkor megfelelő védelmet biztosítanak a süketség ellen.”<sup>1131</sup>

Nem tudom, hogy annak idején a Magyar Néphadseregben folytak-e ilyen irányú kísérletek. Azt viszont személyes példákon keresztül is átéltem, hogy sem a robbantási foglalkozásokon, sem pedig a lögyakorlatokon nem „védték” a résztvevők hallását semmivel...

A fent bemutatott cikkeket a *Med-Eng System cégtől 1992-ben kapott* angol nyelvű tanulmányok magyar fordításainak megjelenése követte három részben a *Műszaki Katonai Közlönyben 1993–1994-ben*. Annak, hogy a magyar egészségügyben nem találkozunk a köztes időszakban robbanásos sérültek ellátásával kapcsolatos tanulmányokkal, több oka is lehetett. Az ipari robbantástechnikában az egyre biztonságosabbá váló robbantóanyagok és robbantási technológiák következtében nem voltak jellemzőek az ilyen balesetek. A Magyar Néphadseregben is csak elvétve történt robbanásból származó kiképzési baleset annak ellenére, hogy az akkori 1. Önálló Honvéd Tűzszerész és Aknakutató Zászlóalj szakemberei nap mint nap „éles környezetben” dolgoztak a II. világháborúból származó, fel nem robbant robbanótestek hatástalanítása, megsemmisítése során. Kiváló szakmai tudásuk, felkészültségük bizonyítására nem találunk ennél jobb bizonyítékot.

Aztán valami megváltozott a világban. Ezt jelezte a tűzszerész bombaruhát gyártó kanadai cég igazgatójának magyarországi látogatása is, amelynek során a magyar tűzszerészek is kaptak ebből a védőruházatból. A 19. század elejének anarchista bombamerényletei új köntösben, de ugyanolyan céllal jelentek meg a föld különböző országaiban. „Míg egyes adatok szerint 1605 és 1950 között, mintegy 3000 robbantásos merényletet, vagy annak kísérletét jegyezték fel<sup>1132</sup> (nem számolva pl. a háborús időszakok partizán akcióit), addig a Global Terrorism Database 1970 és 2007 közötti időszakot felölelő statisztikája szerint, közel 44800<sup>1133</sup> robbanóanyaggal elkövetett merénylet történt világszerte. Ez évente nagyjából ezer ilyen cselekményt jelent a vizsgált időszakban.

Egy újabb statisztika ennél is riasztóbb tendenciát mutat: a 2005 és 2010 között elkövetett terrorista merényletek 52 százaléka (összesen közel 10 ezer, vagyis évente kétezer eset) robbantással került végrehajtásra”<sup>1134</sup> – olvashatjuk a megdöbbentő adatokat Lukács László és Balogh Zsuzsanna 2019-es cikkében.<sup>1135</sup> A helyzetet tovább rontotta az a tény, hogy ezek a robbantásos merényletek egyre nagyobb számban öngyilkos merényletkhöz

<sup>1131</sup> Kísérletek robbanási sérülések megelőzésére (Külföldi katonai hírek rovat). *Honvédségi Szemle*, (1960), 3. 119.

<sup>1132</sup> Hunyadi–Lukács–Mueller (1993): i. m. 5.

<sup>1133</sup> [www.start.umd.edu/datarivers/vis/GtdExplorer.swf](http://www.start.umd.edu/datarivers/vis/GtdExplorer.swf)

<sup>1134</sup> Keeping Your Family Safe During a Terrorist Attack. *Safety.com*, 2018. január 14.

<sup>1135</sup> Lukács–Balogh (2019): i. m. 87.

kötődtek, aminek révén az ellenük való védekezés is egyre nehezebbé, akár lehetetlenné vált. Az 1981–2009 között a világon elkövetett ilyen jellegű robbantások számát vizsgálva azt látjuk, hogy míg 1981–1995 között alig néhány ilyen cselekményt jegyeztek fel, a 2000-es évektől rohamos emelkedést, évente több száz elkövetést tapasztaltak.<sup>1136</sup> „A Tel Aviv University, The Institute for National Security Studies (INSS) honlapján a 2013–2017 közötti időszak hasonló merényleteiről találunk adatokat, és bár a számok csökkenő tendenciát mutatnak, egy másik tény annál elgondolkodtatóbb: az elkövetés helyszínei egyre szélesednek, és olyan helyeken is számítani kell a jövőben a megjelenésére, ahol korábban ez nem volt jellemző. Ugyancsak az INSS egy másik cikkének adatai szerint az 1980-as évek óta az öngyilkos robbantásos merényletek 2016-ban követelték a legtöbb áldozatot a világon: a 800 terrorista által végrehajtott 469 cselekménynek, kb. 5650 halálos áldozata volt”<sup>1137</sup> – írja Lukács és Balogh a cikkében.<sup>1138</sup>

A terrorista robbantások elkövetői országhatároktól függetlenül hajtják végre merényleteiket, és erre az egészségügyben dolgozó szakembereknek is fel kell készülniük. A katonák robbantások miatti veszélyeztetettsége is nőtt az elmúlt időszakban, immár a Magyar Honvédség katonáinak nemzetközi missziókban való részvétele miatt. A délszláv háború során a nemzetközi IFOR, majd SFOR misszióban dolgozó Magyar Műszaki Kontingens katonái olyan területen végezték a munkájukat, ahol mind Horvátországban, mind Bosznia-Hercegovinában szinte naponta történtek a korábbi harcokból maradt aknák robbanásából eredő balesetek. Lukács László 1999-ben írt cikkében<sup>1139</sup> arról is beszámolt, hogy nemcsak a civil lakosság, hanem a békefenntartó alakulatok katonái is áldozatul estek az aknák robbanásának. „Az akna-baleseteket a szakemberek sem kerülték el. A [bosznia-hercegovinai] köztársaság fegyveres erőinek aknamentesítő katonái közül 6-an haltak meg, 9-en súlyos, 9-en pedig könnyebb sérülést szenvedtek munka közben. Az IFOR/SFOR misszió során a soknemzetiségű haderő tagjai közül 10-en meghaltak, 64-en pedig megsebesültek aknarobbanás következtében. 1995-ben és 1996-ban volt a legtöbb baleset, de még ez év májusában is két lengyel békefenntartó szenvedett sérülést egymást követően, ugyanazon a napon, ugyanazon az aknamezőn. A balesetet szenvedettek között voltak amerikaiak, dánok, belgák, britek, franciák, hollandok, németek, olaszok, oroszok, portugálok, svédok.”<sup>1140</sup>

A térségben az aknák okozta veszélyek a későbbiekben sem csökkentek, ahogy erről Padányi József írt 2002-ben.<sup>1141</sup>

<sup>1136</sup> Ariel Merari – Ilan Diamant – Arie Bibi – Yoav Broshi – Giora Zakín: Personality Characteristics of „Self Martyrs”, „Suicide Bombers” and organizers of Suicide Attacks. *Terrorism and Political Violence*, 22. (2010), 1. 87–101.

<sup>1137</sup> Yoram Schwitzer – Aviad Mendelboim – Yotam Rosner: Suicide Attacks in 2016: The Highest Number of Fatalities. *INSS Insight*, 2017. január 5. 887.

<sup>1138</sup> Lukács–Balogh (2019): i. m. 88.

<sup>1139</sup> Lukács (1999): i. m. 37–49.

<sup>1140</sup> Lukács (1999): i. m. 10.

<sup>1141</sup> Padányi József: Aknahelyzet a délszláv térségben. *Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények*, 6. (2002), 3. 86–102.

Ahhoz, hogy a robbanások következtében megsérült áldozatok megfelelő egészségügyi ellátásban részesülhessenek, részletesen meg kellett ismerni a robbanás emberi szervezetre gyakorolt hatásait. A *Susánszki Zoltán fordításában a Műszaki Katonai Közlöny* folyóiratban 1993–1994-ben közreadott cikksorozatban öt tanulmány található, „amely bemutatja és elemzi a robbanások során létrejövő túlnyomás, repeszhatás, fellökés és hőhatás emberi sérüléseket előidéző következményeit. Egyben kitér arra a kérdésre is, hogy napjaink védőfelszereléseitől milyen mértékű védelmet várhatunk el.”<sup>1142</sup>

A továbbiakban – a teljesség igénye nélkül – bemutatjuk az egyes tanulmányok legfontosabb, a sérülésekre vonatkozó megállapításait. Figyelemre méltóak az egyes részek végén a védelmet szolgáló bombaruhával kapcsolatos megállapítások is, de ezeket az érintett szakemberek el tudják olvasni az eredeti anyagban, most nem térünk ki az ismertetésükre. A szerzők minden anyag végén feltüntették az adott témához tartozó felhasznált irodalmak jegyzékét is.

*A robbanási túlnyomás* egészségkárosító hatásait összefoglaló első anyagból az alábbi megállapításokat emeljük ki. „Az emberi szervezet túlnyomás iránt legérzékenyebb része a fej. A dobhártya átszakadásának általánosan elfogadott küszöbértéke a 0,35 bar és 0,5 bar nyomásintervallumra tehető. Akik 0,35 bar-nál kisebb túlnyomás hatását szenvedik el, általában fájdalmat éreznek, átmeneti halláskárosodást is szerezhetnek (egyszerűbb esetben »cseng« a fülük), ez azonban soha nem tart tovább másfél napnál. A jelenség ennek ellenére igen kellemetlen, mivel csökkenti a kommunikációs lehetőségeket. Ha a túlnyomás eléri az 1,0 bar-os értéket, a dobhártya-átszakadás valószínűsége már 50%-os, míg 2,0 bar esetén ez a sérülés 85%-os valószínűséggel fellép. A dobhártya-átszakadás nem minősül komoly (életveszélyes) sérülésnek, és az esetek többségében magától meg is gyógyul. A középfül fertőződésének megelőzésére előírás az antibiotikumok alkalmazása. 1,0 bar feletti túlnyomások esetén a közép- és a belső fül károsodásának a küszöbértéke még nincs pontosan tisztázva, az azonban bizonyos, hogy két jellegzetes változónak a függvénye. [...] A robbanás hatására vérzés alakulhat ki az orrüregben, a szájban és a gégefőben. Ez sem számít súlyos sérülésnek, fellépésére – az állatkísérletek tanúsága szerint – a 3,0 bar nyomáshatár környezetében kell számítani. A szemek sérülései általában a repeszhatásra vezethetők vissza, és csak igen ritkán a túlnyomásra.”<sup>1143</sup>

A robbanási túlnyomás által a felső- és az alsótestet érő traumákról ezt írták: „A normál légzés során az oxigén és a szén-dioxid cseréje a tüdőben zajlik le, méghozzá mikroszkopikus méretekben, egy diffúziós folyamat során. A tüdő mintegy 300 millió parányi zsákot, hólyagocskát tartalmaz. Ezek falvastagsága nem több 0,2 mikronnál (0,0002 mm), ami 375-ször kisebb, mint az emberi haj átmérője. Ismeretes, hogy a nyomáshullámok vízben nagyobb sebességgel és energiával terjednek, mint a levegőben. Az is köztudott, hogy a levegő (mint gáznemű közeg) összenyomható, míg a víz nem. Amikor egy nyomáshullám eléri az emberi testet, a hullám egy része reflektálódik,

<sup>1142</sup> Susánszki Zoltán (ford.): A robbanás emberre gyakorolt hatása I. *Műszaki Katonai Közlöny*, 3. (1993), 4. 3.

<sup>1143</sup> Susánszki (1993): i. m. 3–5.

de nagyobb hányada belép a szervezetbe, és abban terjed tovább. A mellkasban, ez a hullám természetesen az érzékeny tüdőhólyagocskákkal is érintkezésbe kerül és a bennük lévő levegőt összepréseli. Ennek során megsérülhetnek a hólyagocskákat határoló hátrák és a környező, érzékeny érfalak, ami belső vérzést, később vizenyőt, ödémát idézhet elő. Nagyobb mértékű belső vérzés a tüdőben teljesen leállíthatja a légzést, és ezzel halált idézhet elő. Ha a lökeshullám már áthaladt a tüdőn, a hólyagocskáiban eddig összenyomott gázbuborékok expandálni kezdenek, ami súlyosabb esetekben légembóliához vezet, ha a levegő behatol a vérerekbe. 20 kg alatti töltetsúlyoknál kb. 2,7 bar nyomáshatártól kell tüdősérülésekre számítanunk, súlyos esetek – 50%-os valószínűséggel – 5,5 bar-os küszöbérték felett fordulhatnak elő. Ez a nyomás kartávolságban már egy 1/4 kg-nál kisebb súlyú töltet detonációjakor is létrejöhet.

Az utóbbi években fokozott érdeklődés nyilvánul meg a gyomor és a bélrendszer túlnyomásból származó sérülései iránt. A lökeshullám ezekben a szervekben és a környező érzékeny szövetekben könnyen idézhet elő vérzéseket és helyi belfal-gyengüléseket, amelyek perforációkat és fertőződést okozhatnak. Az ilyen sérüléseket igen nehéz érzékelni és hatásuk is inkább hosszabb idő után jut érvényre. Az altest ilyen jellegű sérüléseiről egyébként is kevés adat áll rendelkezésünkre. (Az emberi tűrőképesség küszöbértéke e tekintetben kb. azonos a tüdő esetében tapasztaltakkal.)

A végtagok (tehát a kéz és a kar, ill. a láb) súlyos sérülései akkor következnek be, ha a csúcsnyomás túllépi az egyébként igen magas 15 bar-os értéket. Mivel ezek a testrészek nem tartalmaznak gázt (levegőt), alapvetően összenyomhatatlannak tekinthetők. A végtagok komoly károsodása, és pl. baleseti amputálása csak akkor fordulhat elő, ha a nyomás jóval meghaladta a tüdőre vonatkozó küszöbértéket. Tekintettel arra, hogy a nyomás a távolság függvényében igen drasztikusan csökken, nem elképzelhetetlen, hogy a robbanás közvetlen környezetében tartózkodó személynél végzetes, amputációt igénylő beavatkozásra van szükség, ugyanakkor, amikor a tüdő nem is szenved maradó sérüléseket.”<sup>1144</sup>

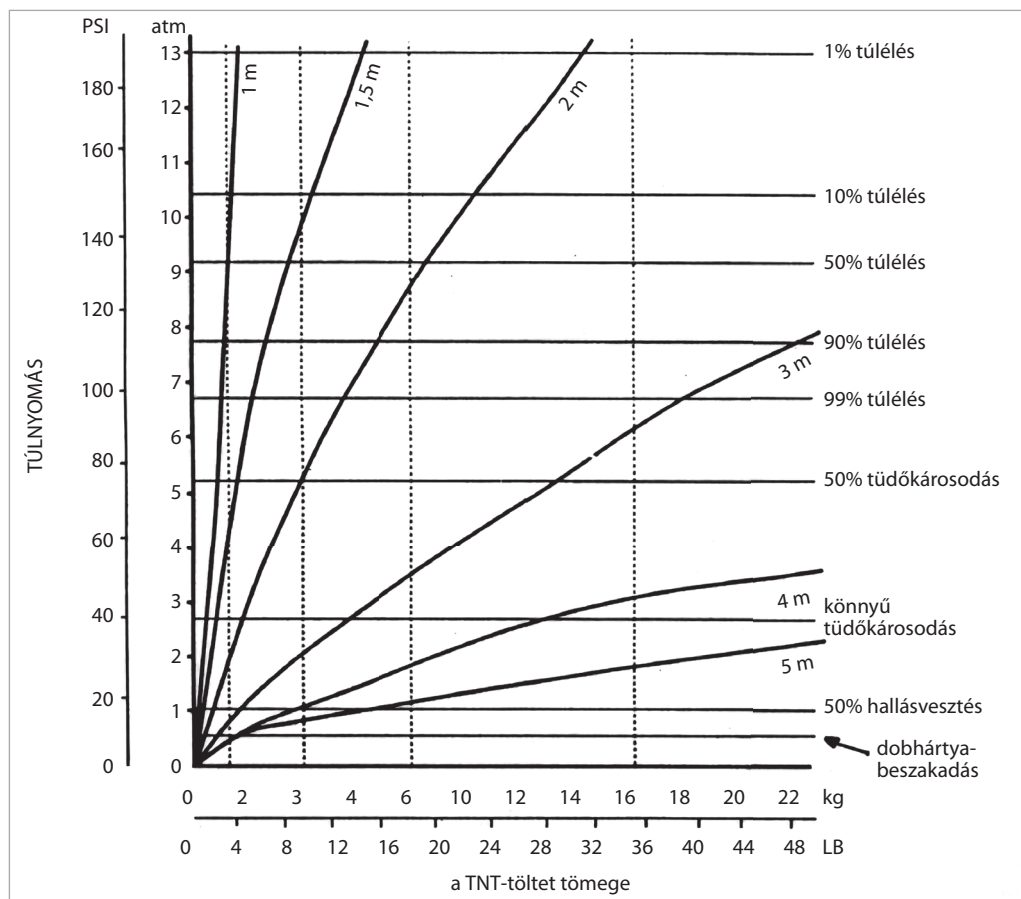
A robbanási túlnyomás lehetséges egészségkárosító hatásait a robbanás helyétől való távolság függvényében egy diagrammal szemléltették (76. ábra),<sup>1145</sup> amely „igen jó eszköz a robbantási szakemberek számára a csúcsnyomás szempontjából vett biztonsági távolság meghatározására. A diagram a könnyebb használhatóság érdekében erősen egyszerűsített, és mint ilyen, csak közelítő pontosságúnak tekinthető. A diagram feltételezi, hogy a lökeshullám pozitív fázisának időtartama állandó, 1,5 ms, a sérülési küszöbértékek tehát erre az időtartamra vonatkoznak. Az értékek szabadtéri robbanásokra érvényesek: a függőleges tengelyen a túlnyomás található, a vízszintesen a robbanóanyag tömege, míg a ferde vonalak a töltettől mért távolságok paraméterei. *A diagram nem használható beltéri robbanások esetén (többek között pl. a reflektált lökeshullámok megléte miatt sem).*

A túlnyomás és a töltettömeg mind metrikus, mind angolszász mértékegységben szerepel (ahol 1 m közelítőleg 3,28 lábnak felel meg). Robbanóanyagként a TNT-t vet-

<sup>1144</sup> Susánszki (1993): i. m. 5–7.

<sup>1145</sup> Az anyagot a szerzők az RCMP (Royal Canadian Mounted Police – Kanadai Királyi Lovas Rendőrség) rendőrségi tesztorsozata alapján készítették 1988 júniusában.

tük számításba. A túlnyomásból származó sérülések közelítő küszöbértékeit vízszintes vonalakon adtuk meg. Az értékek szabadban álló, védőruhát nem viselő személyekre érvényesek. A dobhártya beszakadás küszöbértéke kb. a 0,35 bar vízszintesén fekszik, a tüdőkárosodás 2,7 bar-nál stb.



76. ábra: Az elméleti túlnyomás értéke különböző tömegű, különböző távolságra, szabadon elhelyezett összpontosított tölteteknél

Forrás: Susánszki (1993): i. m. 8.

A könnyebb értelmezés érdekében nézzünk egy példát. Tétélezzük fel, hogy munkánkat egy 4,0 kg tömegű TNT-egyenértékű töltet mellett végezzük. Ha a töltet felrobban, testünket egy 0,75 bar csúcsnyomású lökeshullám fogja megütni. A csúcsnyomás leolvasható, ha a 4,0 kg-os töltettömegből kiindulva elmetsszük az 5,0 m-es távolság paramétereit, majd a metszéspont szintjén vízszintesen balra haladva a függőleges tengelyen meghatározzuk az eredő nyomásértéket. Ebben az esetben 25 % esélye van a dobhártya átszakadásának. Hasonlóan járhatunk el, ha az előbbi 4 kg tömegű töltet hatását 1,5 m



távolságban vizsgáljuk. Itt 10,0 bar csúcsnyomásra kell számítanunk, ami a túlélésnek mindössze 15% esélyt enged és fel kell készülni a dobhártya átszakadására, valamint a hallás elvesztésére.”<sup>1146</sup>

Ugyanebben a cikkben olvashatunk a *repszhatás* okozta sérülésekről is. „Az utóbbi húsz évben számos cikk és tanulmány látott napvilágot a robbanások repeszhatása által okozott sérülésekről. Ezek egy része az IED-sérülésekkel foglalkozik, más részük harctéri tapasztalatokat dolgoz fel.”<sup>1147</sup>

„Ámbár a fej és a nyak a testfelületnek mindössze 12%-át adja, a robbanásos bal-esetek súlyos sérültjeinél és a halálos áldozatoknál a végzetes kimenetel ennek a két testrésznek a számlájára írható. Észak-Írországban a bombamerényletek halálos áldozatainál a halál oka 66%-ban a fej és a nyak súlyos roncsolódására volt visszavezethető. A nagyon érzékeny, sérülékeny szervek közé tartozik az agy is, de a repeszhatással szemben a szemek is különösen védtelenek. Az átszakadással szembeni ellenállása mindössze a fele a bőr felületének. A kevésbé súlyos sérülések közé tartozik a szaruhártya felszakadása, a látóidegek károsodása, a retina sérülése vagy leválása. Ezek a sérülések már akkor is felléphetnek, ha pl. egy 10 grammos üvegszilánk 15 m/s-osnál is kisebb sebességgel csapódik a szembe. Súlyos károsodások a szem esetében lényegesen kisebb sebességeknél is bekövetkeznek, mint a bőrnél, ugyanakkor lényegesen hosszabban tartó következményekkel is számolnunk kell.

Repeszek becsapódása vagy behatolása [a mellkas és altest] régiókban katasztrofális következményekkel járhat. A mellkasban érzékeny szervnek számít a szív, a fő vérerek, a gerincvelő, a légcső, a nyelőcső és a tüdő. Az altestben különösen veszélyeztetett valamennyi szilárd szerv, a gerincvelő, a fő vérerek és a teljes emésztőrendszer. Ennek ellenére feltűnő, hogy az észak-írországi merényletek halálos áldozatainál a halálok csak viszonylag ritkán volt visszavezethető a légzőszervekbe vagy az altest üregeibe behatoló szilánkok hatására. A repeszhatással járó súlyos sérülések a végtagok amputálásához vezethetnek. [...]

A robbanótestből közvetlenül származó repeszeket primer repeszeknek nevezzük. Sebességük a katonai gyakorlatban elérheti a 2500 m/s értéket, sőt, ennél többet is.

A nem katonai jellegű robbantások szilánkjai általában jóval kisebb sebességgel rendelkeznek. Észak-Amerikában és a Föld más országaiban is a terroristák kedvelt robbanótöltete a csőbomba. A dán hadsereg Műszaki Tisztii Iskolája számítógépes programot készített a szilánksebesség meghatározására. Eredményeik rendkívül érdekesek. Például egy 32 mm külső átmérőjű, 3 mm falvastagságú, brizáns robbanóanyaggal (pl. trotilal) töltött cső szétrepülő szilánkjai mintegy 1495 m/s kezdeti sebességgel rendelkeznek. Azt is kimutatták, hogy egy ilyen bomba 10 g-os szilánkja egy védőruházat nélküli emberen még 140 m távolságból is komoly sérülést tud okozni. Érdekes, hogy kis brizanciájú töltetek esetén ugyanez a bomba még mindig 1100 m/s feletti sebességet képes produkálni.

<sup>1146</sup> Susánszki (1993): i. m. 7–9.

<sup>1147</sup> Susánszki (1993): i. m. 12.

A szilánkok által okozott sérülések súlyossága számos tényezőtől függ, így pl. a szilánk mozgási energiájától (ami maga is a tömeg és a becsapódási sebesség függvénye), a szilánk alakjától és sűrűségétől, a becsapódás utáni további széttöredezés valószínűségétől, a szilánk forgásától, a ruházattól és a becsapódás helyétől. A szabálytalan formájú szilánkok hajlamosak arra, hogy ütközés előtti kinetikai energiájuk nagy részét gyorsan átadják a becsapódási környezetnek, és ezzel csak a ruházatot károsítják.

Másodlagos (szekunder) szilánkoknak nevezhetők azok a robbanási származékok, amelyeket a detonáció vált ki, de nem voltak részei a töltetnek vagy a bombának. Ilyenek lehetnek, pl. az épület elemei, vagy a bútorzat szilánkjai. Alakjuk általában szabálytalan, súlyuk a gramm tört részétől a néhány tonnáig terjedhet. Ámbár sebességük legtöbbször kicsiny, sérülést kiváltó hatásuk tekintélyes is lehet.”<sup>1148</sup>

A *Műszaki Katonai Közlöny* 1994/1. számában folytatódott a robbanási sérüléseket bemutató tanulmány az emberi testet érő *robbanási lökéshullám okozta hirtelen gyorsulás*, illetve a fellökést követően a talajjal történő ütközés okozta *lassulás sérüléseinek* elemzésével.<sup>1149</sup>

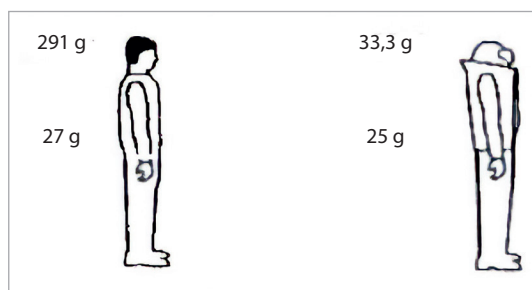
„Gyorsulásból származó sérülések két módon is keletkezhetnek. Az első változatnál az áldozatot egy tompa repesz vagy egy repülő tárgy ütése éri, a másodiknál az emberi test egy lökéshullám hatásának van kitéve. Az utóbbi esetben a test (vagy testrész) gyorsulása a személy méretének, alakjának és súlyának a lökéshullám paramétereire viszonyított arányától függ. A gyorsulások sérülések skálája az egyszerű rándulástól az agyvérzésen át a végtagok letépéséig terjed. Az emberi test, gyorsulással szembeni tűrőképességére pontos küszöbértékek nem állnak rendelkezésünkre. Ma még kizárólag becslésekre támaszkodhatunk, amelyeket a kutatók állatkísérletek, hullakísérletek, biomechanikai modellek és sérülést nem okozó humán kísérletek eredményeinek extrapolálásával nyernek.

Egy 1989-ben végrehajtott kísérlet során a Kanadai Királyi Lovas Rendőrség megpróbálta számszerűsíteni a fej és a mellkas sérüléseit védőruházzal ellátott és védelem nélküli, járműiparban használatos próbabábuk segítségével. A bábu méretét, alakját, tömegét és mozgását tekintve pontosan megfelelt az emberi test jellemzőinek. A fej tömegközéppontjában triaxiális, tehát három dimenzióban működő gyorsulásmérőt helyeztek el. Ugyanilyen érzékelő került a mellkas súlypontjába is. Ezzel a műszerezéssel pontos adatok voltak nyerhetők a két testrész gyorsulására vonatkozóan, és megbecsülhetőkké váltak a tűréshatárok nemcsak ezen a területen, hanem pl. az autóiparban is. A 77. ábrán egy védőruhás és egy anélküli bábu fejének és mellkasának gyorsulásértékeit tüntettük fel. A bábu álló helyzetű volt, a távolság 3,0 m, a dinamittöltet tömege 4,0 kg. A sisak nélküli bábu fejének gyorsulása elérte a 291 g /!/ értéket, míg a védőöltözettel ellátott baba mindössze 33 g-t szenvedett el. A mellkas esetében csak csekély különbség volt tapasztalható, a regisztrátumok 25 g, ill. 27 g értéket mutattak.”<sup>1150</sup>

<sup>1148</sup> Susánszki (1993): i. m. 12–15.

<sup>1149</sup> Susánszki Zoltán (ford.): A robbanás emberre gyakorolt hatásai II. *Műszaki Katonai Közlöny*, 4. (1994a), 1. 19–28.

<sup>1150</sup> Susánszki (1994a): i. m. 19–20.



77. ábra: A test kezdeti gyorsulása védőruha nélküli és védőruhás személy esetén (a töltet 4,0 kg 75%-os dinamit, a töltettávolság 3,0 m)

Forrás: Susánszki (1994a): i. m. 1. számú ábra, 21.

A távolság és a töltettömeg összefüggése – közelítő párosítás 4,0 kg-s töltet 3 m távolságban létrejövő hatásával egyenértékű terheléshez:

- 20 kg – 5,0 m;
- 12 kg – 4,0 m;
- 1,5 kg – 2,0 m
- 0,5 kg – 1,5 m.<sup>1151</sup>

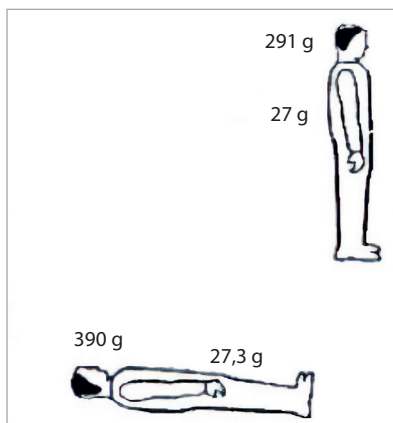
A lassulásból származó sérülések akkor keletkeznek, amikor az áldozat a robbanás után valamilyen merev felülethez csapódik. A sérülések skálája ilyenkor a kisebb horzsolásokon és zúzódásokon keresztül a leszakadt belső szervekig, csonttörésekig és súlyos agykárosodásig mindent felölel. A gerinc és a gerincvelő ilyen szempontból rendkívül érzékeny, és sérülésük hosszan tartó egészségkárosodáshoz, nemritkán paralízishez vezet. A 78. ábra ugyancsak a fej és a mellkas lassulásait szemlélteti abban az esetben, amikor a próbabábu a robbanást követően a földre zuhan (dinamittöltet, 4,0 kg töltetsúly, 3,0 m távolság). Itt a fej lassulására 390 g-t mértek, ami túlélhetetlen. Kisebb érték adódik puha talaj esetén, de ilyenkor is nagyon komoly sérülésekkel kell számolni. Súlyosbító tényezőként jelentkezik az a körülmény, hogy a gyorsulás és a lassulás igen gyorsan követi egymást (jó esetben is néhány másodpercen belül), így az agynak nincs lehetősége még bizonyos mértékű regenerálódásra sem. A gyorsulásnak ez az igen gyors irányváltása csak fokozza a probléma súlyosságát.

A *Műszaki Katonai Közlöny* 1994/2. számában fejeződött be a Med-Eng System ötrészes tanulmányának bemutatása a robbanási sérülésekről.<sup>1152</sup> A robbanás során keletkező *intenzív hőhatás által okozott sérülések* bemutatása ezekkel a gondolatokkal kezdődik. „Az IED kategorizálása szerint az égési sérülések két csoportra oszthatók, az egyik osztályba a lánghatás és a detonációs tűzgolyó által okozott sérülések sorolhatók, míg a másikba a hosszan tartó, kontakt égés során keletkező károsodások. Az első esetben

<sup>1151</sup> Susánszki (1994a): i. m. 21.

<sup>1152</sup> Susánszki Zoltán (ford.): A robbanás emberre gyakorolt hatásai III. *Műszaki Katonai Közlöny*, 4. (1994b), 2. 3–24.

a tűzgolyó időtartama a másodpercnél általában mindössze törtresze, az utóbbinál azonban néhány másodperctől néhány percig tartó értéket is elérhet. Szakirodalmi adatok szerint a hirtelen lángthatás vagy a tűzgolyó sugárzó hője ellen a legtöbb esetben a szokásos ruházat is kellő védelmet nyújt. Sajnos a kontakt égés a védőöltözettel szemben alapvetően más, fokozott követelményeket támaszt.”<sup>1153</sup>

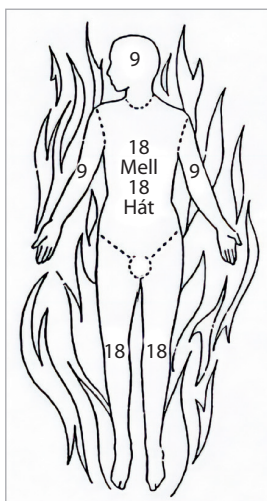


78. ábra: A test kezdeti és véggyorsulása védőruha nélküli személy esetén

Forrás: Susánszki (1994a): i. m. 2. számú ábra, 21.

A következőkben egy ábrát közöl a tanulmány, amely az elszenvedett égési sérülés súlyosságának gyors becslésére szolgál. „Az Amerikai Sebészek Kollégiuma és az Amerikai Tűzvédelmi Szövetség által nyilvánosságra hozott ábrát a »Kilencesek diagramja«-nak is nevezik. Látható, hogy az egyes testrészek a test felületét 9%-os, vagy annak kétszeresét jelentő mezőkre osztják. Például a fej és a kar egyaránt a test teljes felületének 9%-át adja, míg a láb és az altest 18%-ot képvisel. A Közlekedési Orvosi Szövetség csonkolási osztályozásának 1990-es felülvizsgálata, illetve revíziója is ezeknek a számoknak az alapján került napirendre. Ebben az anyagban a »Kilencesek ábrája« egy táblázattal egészül ki, amelyből az égési érülés súlyosságára lehet becsült adatokat nyerni [melyben] a hőhatásnak kitett felület nagysága, az égés foka és a sérülés súlyossága közötti összefüggés jelenik meg. Ha az égéses baleset során károsult testfelület %-os arányát ismerjük, meg tudjuk becsülni az eset súlyosságát is. Például ha valaki a láb homlokfelületén szenvedett el másod- vagy harmadfokú égési sérülést (azaz a 18%-os részesedés felén), a sérülés kismértékűnek minősül. A táblázat a sérülés életveszély szempontjából nézett súlyosságát adja, és nem veszi figyelembe a tartós károsodást.

<sup>1153</sup> Susánszki (1994b): i. m. 3.



79. ábra: A „kilencesek ábrája”

Forrás: Susánszki (1994b): i. m. 1. sz. ábra, 4.

Egy másik példa: ha valaki egy gyújtótöltetet tart a kezében és ez a töltet felrobban, a következő hatások várhatóak: másod- vagy harmadfokú égési sérülés a kézen (ami a teljes testfelületnek 9%-a), a testfelület mellső részén (18%), az arcon és a nyakon (a 9% fele), mindkét láb felső részén és a nemi szervén (10%). Ezek összege a teljes testfelület 40%-a fölött van, és így a sérülés kritikusnak, életveszélyesnek minősül. Az is megjegyzendő, hogy a forró gázok belégzése a szájon belül is súlyos égési sérülést okozhat, sőt, a légsző és a tüdő károsításán keresztül életveszélyes állapotot is előidézhethet.”<sup>1154</sup>

Az utolsó tanulmány William Odling-Smee professzornak, az észak-írországi Belfast Queen’s University kórházának a munkatársától származik, és *a robbanásos sérültek kezeléséről* szól. „A cikk valamennyiünk számára hasznos tudnivalókat tartalmaz az égési sérülések ellátásával kapcsolatban. Néhány részlete bizonyos mértékig technikai természetű problémákat tárgyal, ennek ellenére igen hasznos segítséget jelenthet a robbanási sérülésekkel szembe kerülő orvos-csoport számára is. Célszerű a robbantási műveletekhez használt járművekben ill. szerszámkészletekben is egy-egy másolatot tartani ebből az anyagból, amelynek egy esetleges baleset során igen nagy hasznát vehetjük.”<sup>1155</sup>

A továbbiakban olyan gyakorlati tanácsokat olvashatunk az anyagban, amelyek segítségével a robbanási sérült állapota mérhető fel, illetve a helyszínen gyorssegélyben részesíthető. A könyvben nem térünk ki ezekre részletesen, bár a katonai főiskolai műszaki hallgatók részére tartott robbantási gyakorlati foglalkozásaimon az egészségügyi biztosítást nyújtó orvosok minden esetben örömmel fogadták az átadott anyagot. Egyedül a sérülés súlyosságának gyors megállapítását szolgáló glasgow-i kómaskálát mutatjuk

<sup>1154</sup> Susánszki (1994b): i. m. 3–5.

<sup>1155</sup> Susánszki (1994b): i. m. 14.

be, amely „a tudati szint felderítését tekinti az osztályozás alapjának. Ebben a teljesen egészséges, tudatánál lévő személy maximális pontszáma 15. A rendszer a szemmozgást, a szóbeli válaszokat és a test motorikus reflexióit értékeli. Más megközelítéssel ezek mellett a légzés üteme és intenzitása, a szisztolés vérnyomás és a bőr hajszálereinek feltöltöttsége is figyelembe vehető az ún. »Sérülés-mérték« meghatározásához. Ha a sérülési mutatószám kisebb 14-nél (az egészséges ember max. pontszáma ebben a rendszerben 16), a sérültet azonnal baleseti kórházba kell szállítani. Ugyanezt kell tenni akkor is, ha a nyakon, a fejen, a mellkason, az altesten vagy a lágyékon mély seb látható, ill. törést vagy többszörös törést észlelünk a felkar ill. a comb felső, ún. hosszú csontjain, vagy égési sérülést az arcon esetleg az ajkakon. 5 évesnél fiatalabb gyermekeket és 60-nál idősebb felnőtteket, valamint szívbetegségben vagy légúti megbetegedésben szenvedőket a sérülés jellegétől függetlenül el kell juttatni a baleseti sebészetre ill. kórházba [80. ábra].”<sup>1156</sup>

10. táblázat: A glasgow-i kómaskála

| Szemmozgás   |   | Szóbeli válasz |   | Motorikus válasz        |   |
|--------------|---|----------------|---|-------------------------|---|
| Spontán      | 4 | Határozott     | 5 | Utasításnak megfelelő   | 6 |
| Hangra       | 3 | Bizonytalan    | 4 | Behatárolja a fájdalmat | 5 |
| Fájdalomra   | 2 | Nem megfelelő  | 3 | Visszahúzódik           | 4 |
| Nincs válasz | 1 | Érthetetlen    | 2 | Behajlítja              | 3 |
|              |   | Nincs válasz   | 1 | Kinyújtja               | 2 |
|              |   |                |   | Nincs mozgás            | 1 |
| Összesen:    |   | Összesen:      |   | Összesen:               |   |

Forrás: Susánszki (1994b): i. m. 3. sz. táblázat, 19.

1997-ben a Magyar Honvédség Központi Honvédkórház Baleseti Sebészeti Osztály későbbi legendás osztályvezető főorvosa, Zsiros Lajos<sup>1157</sup> közölt egy szerzői kollektívával közösen írt cikket a *Honvédorvos* folyóiratban *A robbanás okozta sérülések sajátosságai* címmel.<sup>1158</sup>

A tanulmány bevezetőjében ezt írták: „A robbanásos sérülések békeidőben viszonylag ritkán, háborús, különösen polgárháborús viszonyok között igen nagy számban jelentkeznek. A pusztító szerkezetek fejlődése, az általuk kiváltott roncsolások azt az igényt vetik fel, hogy a lövési sérülésektől elkülönítve, önálló kórformaként foglalkozzanak velük a sajátságos diagnosztikai és terápiás taktika miatt. A szerzők munkájukat hiánypótlónak szánják, hisz hazánkban orvosgenerációk nőttek úgy fel, hogy hasonló sérülésekkel nem találkoztak.”<sup>1159</sup>

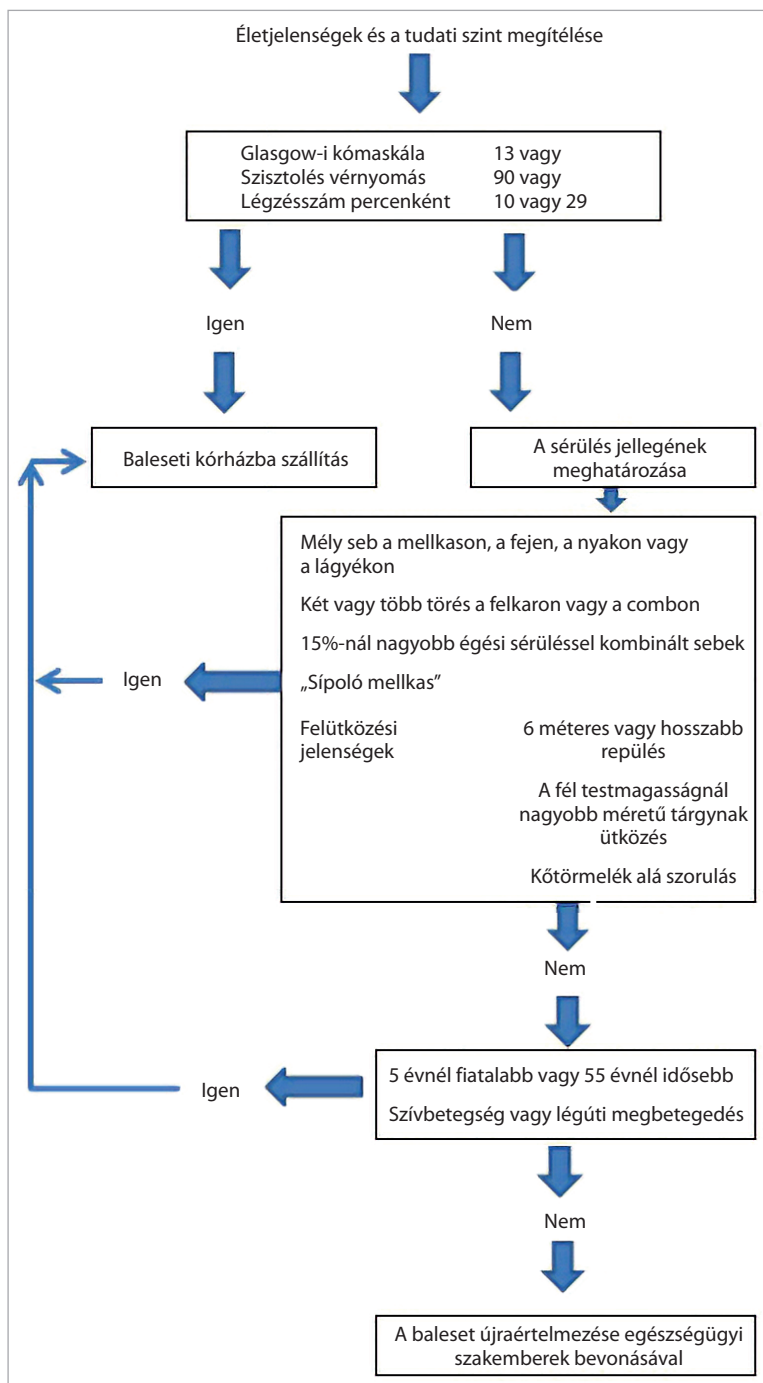
<sup>1156</sup> Susánszki (1994b): i. m. 20.

<sup>1157</sup> Dr. Zsiros Lajos ny. orvos dandártábornok (PhD), 2001–2016 között a Magyar Honvédség Központi Honvédkórház Baleseti Sebészeti Osztály osztályvezető főorvosa, a Magyar Honvédség fősebésze. 2012–2015 között a Honvédkórház orvos igazgatója.

<sup>1158</sup> Zsiros Lajos – Hábel Tamás – Iványi János – Besze Tibor: A robbanás okozta sérülések sajátosságai. *Honvédorvos*, 49. (1997), 4. 262–275.

<sup>1159</sup> Zsiros–Hábel–Iványi–Besze (1997): i. m. 262.





80. ábra: Életjelenségek és a tudati szint megítélése

Forrás: Susánszki (1994b): i. m. 2. sz. ábra, 22.

A téma fontosságát az alábbi gondolatokkal támasztották alá. „A világszerte terjedő nemzetközi terrorizmus, a követségek, középületek, nagy bevásárlócentrumok, repülőgépek és sportrendezvények ellen irányuló merényletek száma egyre növekszik. Az ilyen egymás közötti és terrorista leszámolások során egyre inkább robbanóanyagokat használnak. A magyar orvosi szakirodalom 1956 óta nem foglalkozott ezzel a témával. Orvos generációk nőttek fel úgy, hogy robbanás okozta sérülésekkel, nem találkoztak, vagy jobb esetben valamilyen posztgraduális képzésben, előadás részeként, pár mondatot hallottak róla. [...] Az utóbbi évtizedek tapasztalatai azt mutatják (Vietnam, Kambodzsa, Afganisztán, Jugoszlávia), hogy a robbanás okozta sérülések aránya a lövési sérüléseken belül egyre nagyobb. [...] Míg korábban a robbanások következtében kialakult elváltozásokat a katoniorvos tudomány egy csoportban foglalta össze a lövési sérülésekkel, ma egyre inkább önálló kórformaként jelentkezik, épp a sajátos diagnosztikai és terápiás igény miatt. Az afganisztáni háború orosz tapasztalatait alapul véve megállapíthatjuk, hogy a világ minden tájáról beszerzett több mint 30 fajta, különböző robbanószerkezet (aknák, gránátok, tűzérségi lövedékek stb.) jelentős, gyakran megoldhatatlan probléma elé állította az ellátó tábori sebészeket.”<sup>1160</sup>

A robbanás következtében kialakuló sérülések kiváltó okaiként az alábbiak szerepelnek az anyagban.

„A robbanás élő szervezet szempontjából a következő sérüléskiváltó faktorokkal rendelkezik:

1. a robbanási gáz lökési hulláma,
2. a környezeti légnyomásváltozás, annak tovaterjedése,
3. a robbanási gáz magas hőmérséklete,
4. a robbanótöltet nagy sebességgel szétrepülő repeszdarabjai,
5. a robbanás által kiváltott másodlagos repeszek (a robbanást körülvevő tereptárgyak, berendezési tárgyak tovasodott kinetikai energiát nyert darabjai).”<sup>1161</sup>

A robbanási gázok okozta lökeshullám emberi szervezetet károsító hatásainak ismertetéséből az alábbiakat emeltük ki. „A robbanás centruma körül van az úgynevezett rombolási körzet, amelyen belül a nagy erejű, nagy sebességű és nyomású gázok mindent elpusztítanak. E nyomáshullámokhoz csatlakozik a gázok kiterjedése, amely szintén mozgási energiát közvetít a levegővel. A nyomáshullámok a robbanótöltet mennyiségétől függően, a detonáció helyétől bizonyos távolságban átalakulnak úgynevezett lökés- vagy más néven dőrejhullámokká, mert a robbanáskor keletkező gázok gyors kiterjedése folytán a környező levegővel történő hirtelen ütközésből erős dőrej (detonáció) támad. Ezen hullámok terjedési sebessége kezdetben 6 km/mp és éppen a nagy sebességüktől fogva útjuk során rombolnak, a robbanás helyétől távolodva csökken a sebességük és végül 340 m/sec sebességű periodikus hanghullámokká alakulnak át és a kezdeti nagy nyomásról a hangnyomásnak megfelelő kis nyomással csökkennek. [...]

<sup>1160</sup> Zsiros–Hábel–Iványi–Besze (1997): i. m. 262–263.

<sup>1161</sup> Zsiros–Hábel–Iványi–Besze (1997): i. m. 264–265.

A közönséges robbanóanyagokkal töltött kis, közepes és nagy méretű bombák robbanásakor 6-50 kp/cm<sup>2</sup> nyomás keletkezik. Már 3 kp/cm<sup>2</sup> légköri nyomástöbblet az ember számára halálos lehet. A nyomás a távolság függvényében rohamosan csökken. A II. világháborús bombázásokat vizsgálva a nagy űrméretű bombák súlyos destrukciós zónája 9-12 méter, 20-25 méteren túl a hatás klinikailag már jelentéktelen, bár falleomlást, ablaktörést előidézhethet. [...] Zárt térben bekövetkező robbanás esetén a túlnyomás a sarkokban a reflexiós hatásoktól függően akár 350%-os is lehet. [...]

Az emberi szervezet túlnyomás iránt legérzékenyebb része a fej. A dobhártya átszakadásának átlagosan elfogadott küszöbértéke 0,35 és 0,45 bar nyomásintervallumra tehető. [...] Ha a túlnyomás eléri az 1 bar-t, a dobhártya átszakadási valószínűsége már 50%, 2 bar esetében a sérülés 85%-os valószínűséggel fellép. [...]

A végtagok súlyos sérülései akkor következnek be, ha a csúcshyomás túllépi az igen magas 15 bar-os értéket. Mivel ezek a testrészek nem tartalmaznak gázt (levegőt), alapszabályban véve összenyomhatatlannak tekinthetők. A végtagok komoly ronszolóódása, amputálóódása akkor következik be, ha a nyomás jóval meghaladta a tüdőre vonatkozó küszöbértéket. Tekintettel arra, hogy a nyomás a távolság függvényében drasztikusan csökken, nem elképzelhetetlen, hogy a robbanás közvetlen környezetében tartózkodó személynél a végtag amputálóódik, ugyanakkor a tüdő nem szenved maradandó károsodást. [...]

A robbanáskor keletkező gázok a kezdeti pillanatokban megőrzik a töltet méretét és igen nagy nyomási és hőmérsékleti viszonyok között fejtik ki a ronszolóást. Több ezer atmoszféra és 2-4000 °C hőmérséklet a közvetlenül érintkező testrészek letépőódését, durva ronszolóódását okozzák, a ruházat, a szőrzet gyulladása pedig égések kialakulását eredményezi.<sup>1162</sup>

A repeszszérülések jellemzői között olvashatunk az alábbiakról: „A robbanó szerkezet burka a robbanás következtében különböző darabokra széthullva, az összes lehetséges irányba szétrepülnek, és az eltalált emberi testbe behatolva áthatoló, érintő, bent-rekedő repeszszérüléseket hoznak létre az érintett testtáj anatómiai és funkcionális károsodását kiváltva. [...] Az acélrepesz hatásoos repülőési távolsága átlagos átmérőjük nyolcezerszerese, míg az alumíniumból készült burokból származó repeszeknél az a hatásoos távolság csak átlagos átmérő kétezer-ötszázszorosa. [...]

A fej és a nyak a testfelületnek mindössze 12%-át adja. A robbanásos balesetek súlyos sérültjeinél és a halálos áldozatoknál a végzetes kimenetek túlnyomó többsége ennek a két testrésznek a számlájára írható. Észak-Írországbán a bombamerényletek halálos áldozatainál a halál oka 66%-ban a fej és a nyak súlyos ronszolóódására volt visszavezethető. Nagyon érzékeny és sérülékeny szervek, közé tartozik az agy is, de a repeszhatással szemben a szemek különösen védtelenek. [...]

Repszek becsapóódása vagy behatolóása a mellkas és a has régiójába katasztrofális következményekkel járhat. A mellkasban érzékeny szervnek számít a szív, a fő-erek, gerincvelő, a légső, a nyelőső és a tüdő. A hasüreg területén valamennyi parenchimás szerv (máj, lép, vese) a gerincvelő, a főerek és a bélrendszer. Ennek ellenére feltűnő,

<sup>1162</sup> Zsiros–Hábel–Iványi–Besze (1997): i. m. 265–272.

hogyan az észak-írországi merényletek halálos áldozatainál a halálok viszonylag ritkán volt visszavezethető a mellüregbe vagy a hasüregbe behatoló szilánkokra.”<sup>1163</sup>

A robbanási sérültek röntgenvizsgálati problémáiról már Serényi Pál is írt az 1952-es, fent bemutatott cikkében. Zsiros Lajosék megerősítik az abban foglaltakat: „A robbanásos sebek és törések radiológiai képe eltérhet a valóságtól. A hagyományos átnézeti röntgenfelvételek csak a törések típusát mutatják meg, a sérülés azonban ennél sokkal összetettebb. A sebekkel és különösen a csontok fragmentációjával egy elhalt szöveti keverék jelenik meg, amelyben az idegen anyag és a csontfragmentumok, illetve a következményes hematoma<sup>1164</sup> is perzisztál.”<sup>1165</sup>

A *Honvédorvosban* megjelent cikk másodközlése 1999-ben olvasható volt a *Műszaki Katonai Közlönyben* is.<sup>1166</sup>

Ugyancsak 1999-ben, a Magyar Traumatológiai Társaság Pécsen rendezett vándorgyűlésén is meghallgathattak egy előadást az érdeklődők ebben a témában, illetve elolvashatták a rendezvény kapcsán megjelent kiadványban.<sup>1167</sup>

A *Honvédorvosban* publikált tanulmányban egy mondat erejéig megjelent a *zárt térben bekövetkező robbanás* során a reflexiós hatások következtében a kültéri robbantásokhoz képest jelentősen megnövekedő túlnyomás. Maga a felismerés a II. világháború végén a normandiai partraszállás során tapasztalt – akkor még érthetetlennek tűnő – jelenséghez kapcsolódott. A német erődökbe behatoló szövetséges katonák a lebombázott létesítményben nemcsak „hagyományos” sérülésekkel találkoztak, hanem egyes folyosószakaszokon olyan halottakkal is, akik látszólag nem szenvedtek fegyvertől, repeszektől eredő károsodást. De akkor mi okozhatta a halálukat? A jelenség oka az, hogy a zárt térben bekövetkező robbanások során a lökeshullámok, amennyiben nem tudják az útjukban lévő szerkezeti elemeket lerombolni, azokról visszaverődnek. Egymással szemben haladva kioltják egymást – ugyanúgy, mint a hanghullámok esetén –, viszont azonos irányban hatva „szuperponálnak”, így érve el eredeti energiájuk többszörösét is, így a lökeshullámnál bemutatott pusztító hatással bírhatnak. A hazai szakirodalomban egy érdekes anyagot találunk ennek a jelenségnek a vizsgálatával kapcsolatban. *Susánszki Zoltán* az Építéstudományi Egyesület Robbantástechnikai Szakbizottsága által 1999-ben szervezett 8. Nemzetközi Robbantástechnikai Kollokviumon mutatta be ezzel kapcsolatos kutatásának eredményeit.

„Ismeretes, hogy a zárt terekben végrehajtott robbantásoknál a detonáció kárhatásai lényegesen nagyobb mértékben jelentkeznek, mint a szabadtéri munkáknál. A jelenség egyik legfőbb oka a lökeshullámok – mint nagyfrekvenciás impulzusok – reflexiós

<sup>1163</sup> Zsiros–Hábel–Iványi–Besze (1997): i. m. 272–273.

<sup>1164</sup> Bevérzés, vérömleny.

<sup>1165</sup> Perzisztál jelentése: megmarad; Zsiros–Hábel–Iványi–Besze (1997): i. m. 273.

<sup>1166</sup> Zsiros Lajos – Hábel Tamás – Iványi János – Besze Tibor: A robbanás okozta sérülések sajátosságai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 9. (1999), 3. 3–22.

<sup>1167</sup> Zsiros Lajos – Lukács László – Cziffer Endre – Iványi János: Robbanás okozta sérülések sajátosságai és ellátásuk speciális sebészeti vonatkozásai. Előadás a Magyar Traumatológiai Társaság 1999. évi vándorgyűlésén, Pécs, 1999. április 8–10. *Magyar Traumatológia, Ortopédia, Kézsebészet, Plasztikai Sebészet*, 42. (1999), szupplementum 1. 68–72.

tulajdonságaiban rejlik. A határoló felületekről rendkívül jó hatásfokkal visszaverődő hullámok u.i. a belső térben pillanatról pillanatra változó, igen bonyolult nyomáseloszlást és ezen belül kiugró helyi nyomásösszegződéseket hoznak létre. Bizonyos interferenciásávokban a nyomásnövekedés mértéke a primer, és pedig a mértékadónak tekintett hullám maximális értékének a többszörösét is elérheti, ami a létesítmény nyilvánvaló túlterheléséhez és ezen keresztül nem várt károk kialakulásához vezethet.

A nyomáshalmozódás mértékét elsődlegesen a lökeshullám hossza, reflexiós sajátosságai, valamint a határoló falak szilárdságára, felületére és a tér alakjára vonatkozó paraméterek határozzák meg.

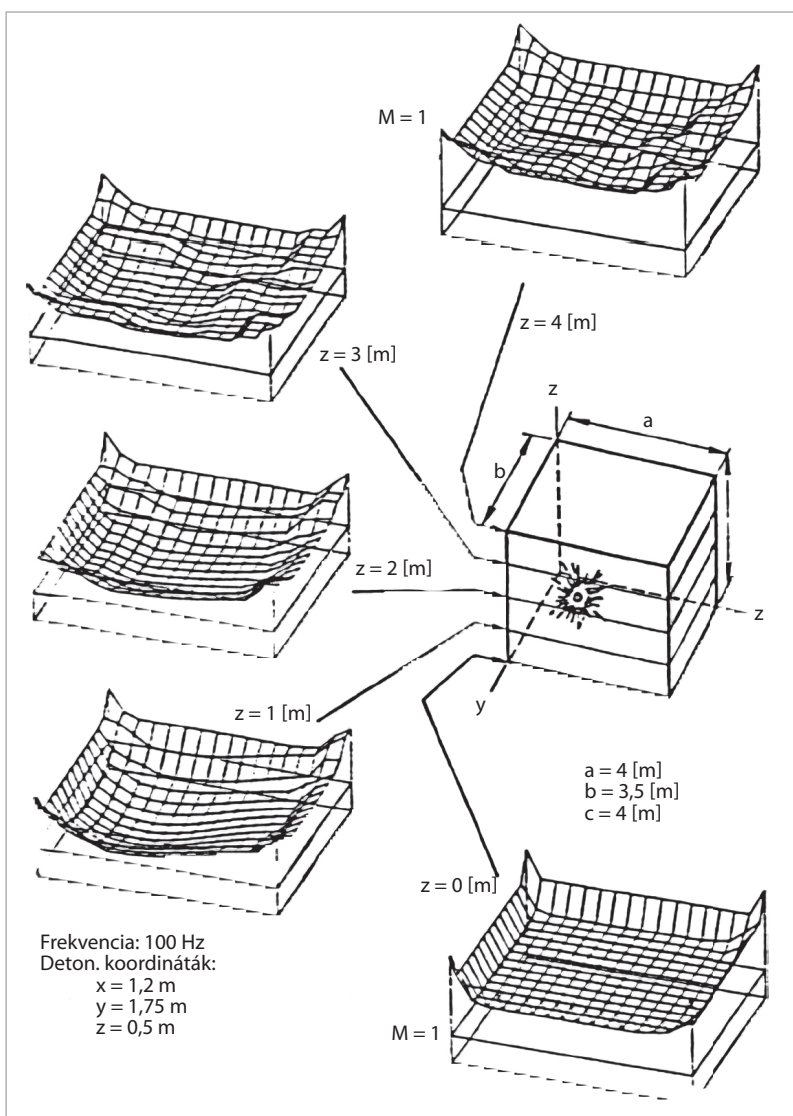
A Metalltech Kft.<sup>1168</sup> és a Budapesti Műszaki Egyetem közös kutatási programja, a Kft. robbantókamrájában kialakuló valós helyi nyomáshalmozódás, ill. a lökeshullám-interferencia tér- és időbeli lefutásának a feltárására irányult. A 4\*3.5\* 4 m kiterjedésű robbantókamrában különböző töltetelhelyezések mellett 100 Hz, 1 kHz és 10 kHz frekvenciájú lökeshullámok 5 magassági szinten történő műszeres vizsgálatát (mérését) hajtottuk végre. Ilyen módon a röntgenteknikában használatos rétegfelvételekhez hasonlóan, az egyes szinteken pontról pontra meghatározhatóvá vált a többszörösen tükröződött lökeshullámok által létrehozott aktuális maximális nyomásértékek eloszlása.

A túlterhelésnek kitett mezők alakja és a nyomásnövekedés számszerű mértéke igen jól érzékelhető, pl. egy 100 Hz frekvenciájú lökeshullám rétegfelvételein. (Lásd 81. ábra: a detonáció a jelölt ponton,  $x = 1,2$  m,  $y = 1,75$  m,  $z = 0,5$  m koordinátáknál következik be, a rétegfelvételek a mennyezetén, a padlón és három belső szinten kialakuló nyomáshányados-eloszlásra vonatkoznak. A számítógépes szimuláció részletes színes felvételei sokszorosítási okokból nem közölhetők, de az érdeklődők számára a szerzőnél rendelkezésre állnak.)

Szembetűnő, hogy a tér kiterjedéséhez képest nagy hullámhosszúságú, a sokszoros tükröződés miatt hosszán lecsengő impulzusok egymásra halmozódva a tér döntő hányadában a primer hulláménál lényegesen magasabb eredő nyomásszintet hoznak létre. Különösen nagy nyomás alakul ki a határoló falak mentén, az alapszinten és a mennyezetén, a sarkokban pedig 3,5-szeres nyomásugrás lép fel. A primer impulzus csúcsnyomásából származó terhelés mindössze a detonáció közvetlen környezetében nagyobb a reflexiós halmozódásból származónál.

A falak mentén és a sarkokban az előzővel csaknem azonos jelleget produkál a 10 kHz frekvenciájú hullám is, itt azonban az összegeződés hatása a tér belsejében kevésbé érvényesül (lásd 82. ábra). Határozott hossz- és keresztirányú gerincek ismerhetők viszont fel, amelyek mentén a kis hullámhossz, tehát gyors lecsengés ellenére is jelentős járulékos nyomásnövekedésre kell számítani.

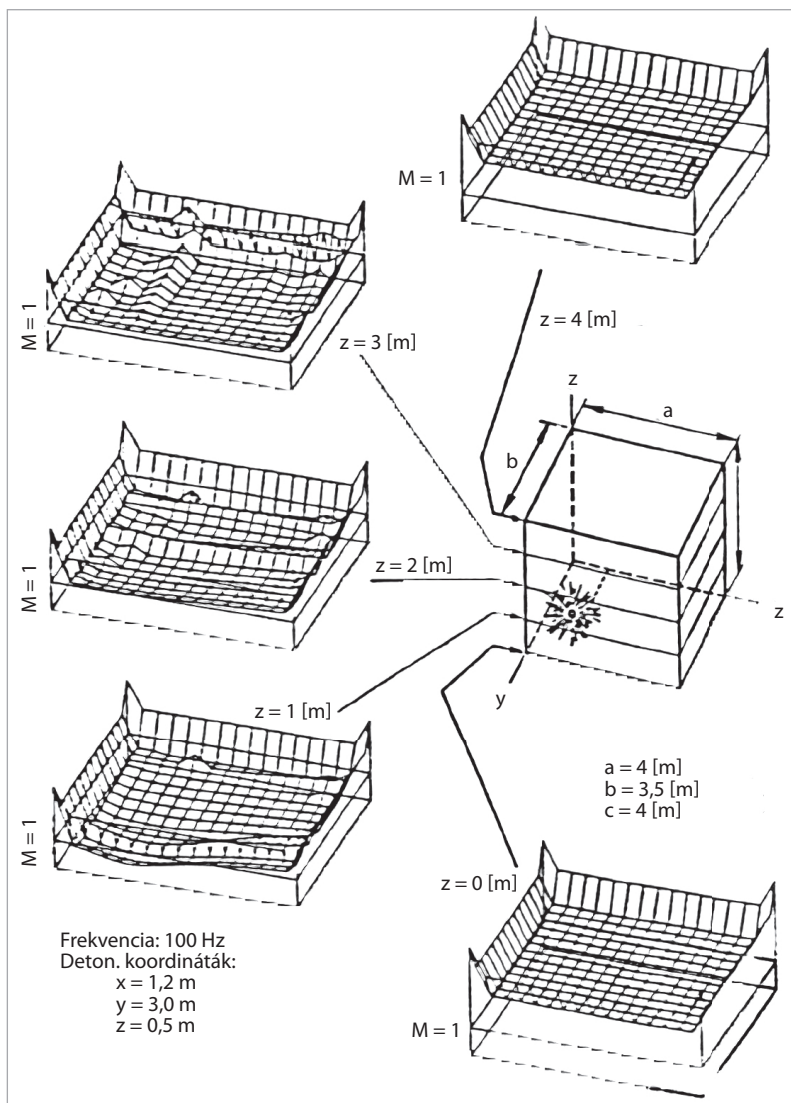
<sup>1168</sup> A Villamosipari Kutató Intézet 1994-es megszűnését követően, a robbantásos fémmegmunkálással foglalkozó kutató-fejlesztő szakemberek által alapított cég, amely egy ideig tovább használhatta az intézet Budapestén, az Istenhegyi úton lévő speciális robbantókamráját.



81. ábra: Beltéri 1-es robbantás ábrája

Forrás: Susánszki (1999): i. m.





82. ábra: Beltéri 2-es robbantás ábrája

Forrás: Susánszki (1999): i. m.

Gyakorlati következtetések:

- 1./ Az előzetes műszeres mérések és a számítógépes szimuláció segítségével egyaránt megállapítható, hogy zárt térben a reflektált lökeshullámok jelenléte és halmozódása következtében, a primer impulzusok maximális nyomásánál lényegesen magasabb nyomásszint alakul ki.

- 2./ Nagy hullámhosszúságú, hosszú élettartamú impulzusoknál ez a hatás a teljes robbantótérre kiterjedhet, rövid hullámoknál az összegeződés lokalizáltan, éles túlnyomásházókban jelenik meg.
- 3./ A határoló felületek és a sarkok minden esetben kritikus helyek, itt a túlterhelés elkerülhetetlenül fellép és a lökéshullám intenzitása, ill. frekvenciája, mindössze a túlterhelt sávok kiterjedését befolyásolja.
- 4./ Nyilvánvaló, hogy különlegesen kiugró nyomáscsúcsokra kell számítani minden olyan helyen, ahol a határoló felületek geometriai kiképzése a lökéshullámok fókuszálódását idézi elő.
- 5./ Hasáb alakú robbantótér esetén elsődlegesen a töltet elrendezése határozza meg a kritikus zónák helyzetét: ezek mindig a falakkal párhuzamosan és a sarkokból kiinduló éles törésvonalak mentén jelennek meg.”<sup>1169</sup>

A következő, robbanási hatásokkal foglalkozó cikket a brnói Cseh Nemzetvédelmi Egyetem Műszaki Tanszékének oktatói írták 2000-ben a *Műszaki Katonai Közönyben*.<sup>1170</sup> Tanulmányukban egy viszonylag ritkábban vizsgált területtel, a *robbanás szeizmikus hatásának* az emberi szervezetre gyakorolt hatásaival foglalkoztak. „A megsemmisítő eszközök felrobbanásuk után dinamikus hatásokat hoznak létre, amelyek szeizmikus jelenséget okoznak a védelmi építményekben, azok felszereléseiben és az abban tartózkodó személyi állományban. A vibrációnak szinte kivétel nélkül minden esetben káros hatása van a személyi állomány egészségére, és ezáltal közvetlenül befolyásolja a személyi állomány harcászását is. A szakértők többsége úgy véli, hogy a védelmi építmények kutatása területén az alapvető cél csak az építmény szükséges szerkezeti ellenállásának a kimunkálása. Ezért mi be szeretnénk mutatni a szabványosítás során az emberi szervezetre maximálisan megengedett vibrációs szintek értékei megállapításának jelenlegi helyzetét a cseh szabványoknak megfelelően. Ezen problémák a hadseregünk szabályzataiban is fel vannak dolgozva a védelmi építményekre vonatkozóan. A személyi állományra vonatkozó kedvezőtlen vibrációs hatások tanulmányozásához az alábbi tényezők ismerete szükséges:

- a vibrációs hatás típusa;
- a vibráció hatása a személyi állományra;
- az emberi test mechanikai tulajdonságai;
- az emberi test rezgésének karakterisztikája;
- az emberi test dinamikus modelljének kiinduló adatai.”<sup>1171</sup>

<sup>1169</sup> Susánszki Zoltán: *Zárt robbantóterek nyomásvizszoynainak számítógépes meghatározása*. Előadás az Építéstudományi Egyesület, Robbantástechnikai Szakbizottsága által szervezett 8. Nemzetközi Robbantástechnikai Kollokviumon, Budapest, 1999. Megjelent a konferencia kiadványában.

<sup>1170</sup> Veroslav Kaplan – Jan Gireth: A robbanás személyi állományra gyakorolt hatásai érték-megállapításának időszertű kérdései. *Műszaki Katonai Közöny*, 10. (2000), 1. 15–20.

<sup>1171</sup> Kaplan–Gireth (2000): i. m. 15.

„A személyi állomány védelmére vonatkozó előírásokat, melyek az ártalmas vibrációs hatások elleni védelemmel foglalkoznak, a Cseh Köztársaságban a 13/1977-es számú – A kedvezőtlen (káros) hang- és vibrációs hatások elleni egészségvédelemről szóló – rendeletben, valamint a 40/1980-as számú – Útmutatás a rezgések mérésére és értékmegállapítására című – egészségügyi szabályzatban rögzítették. Ezek a mértékadó (törvényes) adatok általános érvényűek és ez azt jelenti, hogy ezeket kell alkalmazni az objektumok tervezése (építése) során. A hadsereg vonatkozásában főként a védelmi építmények tekintetében mégsem ezek az adatok az elfogadottak.

A látszólagos ellentmondás abból adódik, hogy a védelmi létesítmények a romboló eszközök dinamikus hatásai ellen az építési szerkezet ellenállása és erőssége szempontjából kerünek méretezésre, de a létesítményben elhelyezett személyi állomány általános kényelmét és a vibrációs hatások elleni védelmét nem biztosítják, bár azt a törvény megköveteli. A 13/1977-es számú határozatban található néhány iránymutató előírás mint kiindulópont az épületek, objektumok ez irányú számításaira vonatkozóan, ahol várható a vibrációs hatások bekövetkezése a személyi állományra:

- Ki kell kidolgozni a szükséges rendszabályokat a rezgések gyengítésére (csökkentésére), amivel biztosítható a személyi állomány védelme az erős rezgések ellen, ezáltal a rezgési értékek nem lépik túl a meghatározott szintet.
- Az épületek tervezési dokumentumainak – ahol kedvezőtlen hang- és vibrációs hatások léphetnek fel – információkat, számítási példákat (számvetéseket) kell tartalmazniuk az elégséges védelemre, a rezgés és hanghatás átalakítására vonatkozóan azon frekvenciatartományban, mely hatással lehet az emberi test, vagy annak részei rezonanciájára. [...]

Érdekes összehasonlítani a mi követelményeinket a más országok hasonló előírásaival, melyek komolyan foglalkoznak a személyi állomány vibrációs hatások elleni védelmével. [...] Az [...] összehasonlításból kitűnik, hogy a mi egészségügyi előírásaink a legszigorúbbak egyike Európában. A kérdés az, hogy hogyan lehet megfelelni ezen követelményeknek katonai területen is olyan jól, mint a polgári életben. Az igazság az, hogy a védelmi építményekkel kapcsolatos ez irányú problémák szándékosan figyelmen kívül lettek hagyva ez idáig.”<sup>1172</sup>

„A jelenlegi szabályozó dokumentumok elemzéséből kitűnik az érvényes harcszabályzatok kiegészítésének szükségessége napjainkban a védelmi építmények építésére, fenntartására vonatkozóan a személyi állomány rezgések elleni védelmével kapcsolatos megfelelő szabályozással, összhangban az érvényes rendeletekkel és higiéniai szabályokkal.”<sup>1173</sup>

*Várhelyi Levente* orvos őrnagy, a Magyar Honvédség Központi Honvédkórház Bal-eseti Sebészeti Osztály sebésze *Robbantások sérülések sebészeti ellátásának kérdései*

<sup>1172</sup> Kaplan–Gireth (2000): i. m. 17.

<sup>1173</sup> Kaplan–Gireth (2000): i. m. 18.

címmel adott közre egy tanulmányt 2002-ben a *Honvédorvos* folyóiratban.<sup>1174</sup> A közlemény tartalmát az alábbiak szerint foglalta össze a szerző. „Napjainkban Magyarországon a robbanásos sérülések viszonylag ritkák, de meghatározott szakmai elvek szerinti ellátásukra valamennyi baleseti és sürgősségi osztálynak készen kell állnia. Kombinált sérülések, amelyek ellátása több szakma képviselőinek bevonásával team-munka keretein belül történik. Az ellátás szempontjai kissé eltérőek béke-, illetve katasztrófa- és háborús körülmények között. A szerző ismerteti a robbanások emberi szervezetre kifejtett hatásait, az egyidejű mechanikai és hőkárosodás jellegét, bemutatja az egyes sérüléscsoportokat. Az üregi sérülések mellett igen gyakran a kéz, illetve a felső végtag is érintett. Az ellátásban elsődleges a sokkalanítás és az üregi sérülések sebészi ellátása, a végtagsérüléseké ezt követően vagy ezzel egyidejűleg zajlik. A szerző saját esetek bemutatásán keresztül ismerteti az ellátás taktikai lépéseit és a sebészeti beavatkozások sorrendjét és jellegét.”<sup>1175</sup>

A továbbiakban csak néhány részletet mutatunk be a tanulmányból. Az orvosszakmai kérdések azonban minden érintett szakorvos érdeklődésére méltán tarthatnak számot.

„Robbanásos sérülések esetében egyidejűleg csaknem mindig több testtáj érintett. Igen gyakran sérül az arc, a mellkas és a has. Aknarobbanások döntően az alsó végtag nagyfokú roncsolással járó sérülését okozzák. [...] Robbanásos balesetknél, ipari robbanásokban a felső végtag és a kéz sérül igen gyakran, hiszen a robbanást megelőző manipuláció ezáltal történik. A végtagok sorsát a csonttörések jellegén kívül a kültakaró és a lágyrészek állapota, azok roncsolódásának mértéke alapvetően meghatározza. A roncsolás sokszor kiterjedtebb, mint az első ránézésre látható, emiatt a sebek mindig szennyezettnek tekintendők. Jellemző a mechanikai és hőkárosodás egyidejű jelenléte és az extrém mértékű ödémahajlam. Többféle szöveti struktúra érintett (bőr, csont-ízület, izom, erek, idegek). Nagyszámú idegentest jelenléte súlyosbítja a képet.”<sup>1176</sup>

A robbanásos sérültek ellátásáról ezt írja: „Kombinált robbanásos sérülésben több testtáj egyidejű érintettsége alapvetően meghatározza az ellátás taktikáját, amelynek életmentő, csupán didaktikai szempontból szétválasztott lépései egymást kiegészítik, és általában egyidejűleg zajlanak.”<sup>1177</sup>

A cikk végkövetkeztetéseiben az alábbiakra hívja fel a figyelmet a szerző. „A robbanásos sérülések ellátása a sérülés jellegéből fakadóan komplex feladat, melynek elvégzése team-munka keretein belül (baleseti sebész, aneszteziológus, idegsebész, általános sebész, gégész, szemész, égéssebész, szájsebész stb.) meghatározott rendben és szabályok szerint történik. Ebben vezető szerepe van a sebésznek és az aneszteziológusnak. Az ellátás két fő területe ennek megfelelően a sebészeti típusú beavatkozások végzése, valamint az intenzív osztályos kezelés. Ez szükség szerint társszakmák képviselőinek bevonásával egészül ki (idegsebészet, urológia, fül-orr-gégészet, szemészet, szájsebészet). A robbanásos sérültek – csak úgy, mint egyéb súlyos sérültek – azonnali, szakszerű

<sup>1174</sup> Várhelyi Levente: Robbantásos sérülések sebészeti ellátásának kérdései. *Honvédorvos*, 54. (2002), 3–4. 95–103.

<sup>1175</sup> Várhelyi (2002): i. m. 95.

<sup>1176</sup> Várhelyi (2002): i. m. 98.

<sup>1177</sup> Várhelyi (2002): i. m. 99.

ellátására a baleseti és sürgősségi osztályoknak készen kell állniuk, mely osztályokon valamennyi társszakma képviselőjének elméletben és gyakorlatban egyaránt ismernie szükséges e sérülések ellátásának alapelveit.”<sup>1178</sup>

Várhelyi Leventének a *Robbantásos sérülések sebészeti ellátásának kérdései* című, 2010-ben sikeresen megvédett PhD-értékezésének bevezetőjében olvasható gondolatai is a korábban említett hazai publikációk hiányát támasztják alá ebben a témában.

„Magyarországon, magyar nyelven az utóbbi ötven évben nem jelent meg írásos publikáció robbantásos sérülésekről és azok ellátásáról. Az általános és szakorvosképzés keretein belül a lövési és robbantásos sérülésekről szóló fejezet a tanfolyamokon alig néhány mondatra korlátozódik, így a fiatal kollégák még elméletben sem szerzik meg az ezek ellátásához szükséges ismereteket. A fentiek értelmében szükségessé vált egy átfogó szakmai útmutató elkészítése, mely összegzi a szakirodalmi adatokat és azokat saját gyakorlati tapasztalatokkal kibővítve egységes ellátási elveket foglal magába.”<sup>1179</sup>

Az értekezésben Várhelyi doktor többéves kutatómunkája és saját, hazai és Afganisztánban, az ISAF Északi Körzet Parancsnokság Egészségügyi Szolgálat (ISAF RCN) kötelékében szerzett missziós sebészeti szakmai gyakorlati tapasztalatainak esszenciáját adta közre, ami rengeteg tudományos értékű elméleti és hasznos gyakorlati információt nyújt az orvosi szakmai közösség számára. Afganisztánban, az általa végzett klinikai és kutatómunka eredményeire alapozottan a robbantási sérültek ellátására kidolgozott szakmai protokollt 2010-ben az ISAF RCN Egészségügyi Szolgálatára használatra elfogadta és a gyakorlatba bevezette. „A fenti témakörben magyar nyelvű szakmai protokoll eddig nem jelent meg” – írta a dolgozat befejező részében a szerző.<sup>1180</sup> A könyv írásának idején dr. Várhelyi Levente orvos ezredes, a Magyar Honvédség Egészségügyi Központ – Honvédkórház Baleseti Sebészetének osztályvezető főorvosaként mint a Magyar Honvédség fősebésze kamatoztatja – a többek között a robbantásos sérülések kezelése terén szerzett – szakmai tudását.

2007-ben Suri Csilla orvos ezredes az *arc-állcsonti robbantásos sérülésekről* és orvosi ellátásukról írt cikket a *Honvédorvos* folyóiratba.<sup>1181</sup> A cikkben foglaltakat az alábbiakban összegezte. „Robbantásos sérülésekkel a mindennapi orvosi gyakorlatban ritkán találkozhatunk. Mivel az arc általában ruházattal nem fedett, robbantásos esemény kapcsán gyakran sérül. Az arcsérülések átlagos aránya 16%, terrorcselekmények kapcsán azonban már 21%. A cikk a robbantásos sérülések specifikus jellemzőit, a robbantásos esemény kapcsán szükséges teendőket tárgyalja, kitérve a maxillofaciális<sup>1182</sup> régió robbantásos sérüléseinek sajátosságaira, diagnosztikus és ellátási problémáira kísérleti megfigyelések és konkrét robbantásos események elemzése kapcsán.”<sup>1183</sup>

<sup>1178</sup> Várhelyi (2002): i. m. 102.

<sup>1179</sup> Várhelyi Levente: *Robbantásos sérülések sebészeti ellátásának kérdései*. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Zrínyi Mikós Nemzetvédelmi Egyetem, 2010. 6.

<sup>1180</sup> Várhelyi (2010): i. m. 77.

<sup>1181</sup> Suri Csilla: Robbantásos sérülések a maxillofaciális régióban. *Honvédorvos*, 59. (2007), 1–2. 64–70.

<sup>1182</sup> Arc-állcsonti.

<sup>1183</sup> Suri (2007): i. m. 64.

A robbanási sérüléseken belül az arcsérülések gyakoriságáról ezt olvashatjuk. „A békeidőben előforduló (ipari, háztartási) robbanásos balesetek mellett a robbanásos sérülések előfordulásának veszélye az egyre gyakoribb terrorcselekmények miatt világszerte fokozódik. [...] A maxillofaciális régió sérülése gyakori, az arcsérülések átlagos aránya 16%. Robbantásos merényletekben a túlélők több mint 50%-a szenvedett maxillofaciális sérülést. Robbanásos sérülések kapcsán tehát a maxillofaciális régió jóval nagyobb arányú sérülésével számolhatunk, mint konvencionális sérülések esetén. Jóllehet a fej-nyaki régió a testfelszínnek csak 12%-a, a halálos kimenetelű sérülések esetén agysérülés 66%-ban, koponyatörés 51%-ban, az arc sérülése pedig 40%-ban fordul elő. [...] Zárt térben történő robbanás esetén a nyomásidő-változás a Friedländer-görbétől eltérő képet mutat. Ez az okozott sérülésekben is jelentős különbségekkel jár. Ilyenkor súlyosabb sérülésekkel számolhatunk.”<sup>1184</sup>

A robbanási sérülések formáit így foglalta össze.

„1. Elsődleges robbanásos sérülés: a lökéshullám direkt hatása a testre. A lökéshullámra legérzékenyebbek a légartalmú szervek (tüdők, fülek, belek).

2. Másodlagos robbanásos sérülés: a robbanás során képződő, nagy sebességgel szétrepülő lövedékek, repeszek által okozott sérülés. Mechanizmusa és hatása a lövési sérülésekhez hasonló.

3. Harmadlagos robbanásos sérülés: a sokkhullám hatására a test térbeli elmozdulása, és a környező tárgyaknak a testtel történő ütközése kapcsán létrejött sérülés.

4. Negyedleges robbanásos sérülés: az előző három kategóriába nem sorolható sérülések. Ilyenek az égési sérülések, a robbanás során felszabaduló gázok okozta mérgezések, és a robbanás kapcsán megrongálódott épületek, nehéz tárgyak alá szorult test összenyomatos (crush) sérülései.”<sup>1185</sup>

A robbanásos sérülések sajátosságairól az alábbiakat írja a szerző:

„A lökéshullám hatására létrejött elsődleges robbanásos sérülés az üreges szerveket (dobhártyákat, tüdőt, beleket) érinti. Az esetek nagy részében ilyenkor külső sérülés nem észlelhető. Ha nem gondolunk az elsődleges robbanásos sérülés lehetőségére, akkor a későbbiekben súlyos, akár halálos kimenetelű tüdő- és bélkárosodással számolhatunk.

A légartalmú szervek közül a dobhártya a legérzékenyebb a lökéshullámra, így ennek sérülése a leggyakoribb. 35 Kpa nyomás hatására már a dobhártya sérülése várható. 100 Kpa nyomás felett pedig szinte 100%-os valószínűséggel számolhatunk dobhártyasérüléssel. [...] A dobhártyasérülés szerepét jelen cikk azért emeli ki, mert elsődleges robbanásos sérülése diagnosztikus értékű. Amennyiben nincs dobhártyasérülés, a többi üreges szerv elsődleges robbanásos sérülése sem valószínű. [...] A robbanásos sérülések osztályozása nem megoldott, mert a szokásos traumatológiai osztályozási rendszerek itt nem alkalmazhatók. A robbanásos sérülésekre saját osztályozási rendszert dolgoztak ki a délszláv háborúk tapasztalatai alapján, és ebben az osztályozási rendszerben a dobhártyasérülések kitüntetett szerepet kaptak.”<sup>1186</sup>

<sup>1184</sup> Suri (2007): i. m. 64.

<sup>1185</sup> Suri (2007): i. m. 65.

<sup>1186</sup> Suri (2007): i. m. 65–66.



„Másodlagos és harmadlagos robbanásos sérülések gyakran fordulnak elő az arc területén. A rohamsisak csak az agykoponyát védi, az arcot szabadon hagyja. Újabb fejlesztésű, az arcot is védő sisakok is léteznek már, de terrorcselekményeknél az arc védelmére nincs mód. Ennek megfelelően robbantásos merényletek kapcsán sok, súlyos arcsérüléssel számolhatunk. [...] Az 1998-as kenyai Amerikai Követség elleni merényletben a 290 túlélő sérült 78%-a szenvedett el egy vagy több maxillofaciális sérülést. Itt is a lágyrészsérülések voltak a leggyakoribbak. Az összes lágyrészsérülés 61%-a a fejen volt. Magas volt a szemsérültek aránya is: 28%. A penetráló szemsérüléseket a szétrepülő szilánkok, fémrészecskék és törmelékdarabok okozták.”<sup>1187</sup>

A cikkben említett kenyai robbantásos merényletről részletes információk olvashatók Lukács László és Balogh Zsuzsanna korábban már említett, a *Műszaki Katonai Közlöny*-ben 2013-ban megjelent tanulmányában.<sup>1188</sup>

„A robbanás fizikai hatásai, mint túlnyomás, akceleráció és a repeszhatás speciális sérüléseket okoznak, sokszor a sérülésnek külső jelei sincsenek jelen, de súlyos amputáció, roncsolódás is gyakran előfordul. A tűzszerészek különösen veszélyeztetettek ezen hatásokkal szemben, az EOD-9 nehéz tűzszerész védőruha csökkenti, bár nem szünteti meg a veszélyt. Dolgozatomban részletezem a robbanás okozta károsító hatásokat, a szervezetben lejátszódó folyamatokat és az alkalmazott védőeszköz védelmi képességeit” – írja *Hernád Mária* a *Hadmérnök* folyóiratban 2009-ben megjelent cikke bevezetőjében.<sup>1189</sup>

A Magyar Honvédség tűzszerészei a II. világháború befejezése óta végzik veszélyes munkájukat: az ország területén megmaradt, fel nem robbant szerkezetek hatástalanítását, megsemmisítését. Az elmúlt időszakban újabb feladatokkal is szembesültek. „A terrorizmus az utóbbi években reális veszéllyé vált, a terrorrobbantás már nem papírsárkány többé. Magyarország 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. A Magyar Honvédség is új kihívásokkal néz szembe az afganisztáni misszióban történő szerepvállalás és a pápai repülőtér fejlesztése miatt. 2006 előtt a honvéd tűzszerészek alapvetően a fel nem robbant katonai lőszer hatástalanításával és megsemmisítésével foglalkoztak, a PRT-ban<sup>1190</sup> szükségessé vált az IED eszközökre történő felkészítés, új eszközök beszerzése. 2008-ban két bajtársunkat veszítettük el az úgynevezett improvizált robbanószerkezetek által, a robbanás fizikai hatásai

<sup>1187</sup> Suri (2007): i. m. 68.

<sup>1188</sup> Lukács–Balogh (2013): i. m.

<sup>1189</sup> Hernád Mária: A robbanás fizikai hatásai és az élőerő védelmének lehetőségei. *Hadmérnök*, 4. (2009a), 3. 80–94.

<sup>1190</sup> Provincial Reconstruction Group – Tartományi újjáépítési csoport. Afganisztánba települt műveleti bázis, ahonnan polgári és katonai szakértőkből álló csoport egy-egy tartomány újjáépítési projektjein dolgozott, vagy a segítségnyújtásban részt vevő más szervezetek biztonságát szavatolta. A Magyar Honvédség katonái 2006–2013 között a Baglán tartományban lévő PRT csoportban dolgoztak.

okozta sérülések, a tűzszerészek védelme előtérbe került. Természetesen a hagyományos tűzszerészfeladatok, aknamentesítési feladatok során is ugyanolyan fontos az védelem fejlesztése, hazai területeken még a mai napig évente több mint százezer robbanótest kerül elő a második világháború örökségeként.”<sup>1191</sup>

A továbbiakban a szerző részletesen bemutatja a robbanás során a szervezetet érintő káros hatásokat, majd azt, hogy a Magyar Honvédségben rendszeresített EOD–9 nehéz tűzszerész védőruha mennyiben képes ezeket a károsodásokat csökkenteni. A tanulmány végén kitér a védőruha viselésének munkaegészségügyi vonatkozásaira is. „Az EOD–9 kiegyensúlyozott védelmet biztosít a túlnyomás, repesz, lökéshullám és a hőhatás ellen, de nem nyújt garanciát arra, hogy robbanás esetén nem lesz súlyos sérülés vagy halál. [...] A tűzszerész munka közben a felszerelésen túl még több mint 45 kg terhet cipel, 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, hőséguta is. Ennek kivédésére alkalmazható az EOD-9 védőruházattal kompatibilis testhűtő rendszer, amely segíti a használó törzsének hőszabályozását. [...]”

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;
- a műveleti területre érkezéskor akklimatizáció szükséges;
- a katona kioktatása a hőség okozta kórképek megelőzésére, felismerésére.

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;
- szeparált légkondicionált helyiség vagy legalább árnyékos hely szükséges a pihenésre;
- megfelelő mennyiségű, lehetőleg hűtött, nem alkoholos védőital biztosítása kötelező.

Védőruhával szemben támasztott higiénés követelmények:

- mérethelyes, állítható;
- jól tisztítható, karbantartható;
- cserélni kell, ha tönkremegy, nincs kihordási ideje;
- oktatás a védőruha alkalmazásával kapcsolatban.”<sup>1192</sup>

<sup>1191</sup> Hernád (2009a): i. m. 80–81.

<sup>1192</sup> Hernád (2009a): i. m. 92.

Hernád Mária és Bártfai Beáta a 2011-ben Szolnokon megrendezett *Repüléstudományi Konferencián* előadást tartott a repülőtereken végrehajtott tűzszerészfeladatok egészségügyi biztosítási kérdéseiről.<sup>1193</sup> A következő összefoglalást olvashatjuk a tanulmányuk rezüméjében. „Előadásunkban a repülőtereken végrehajtott tűzszerészfeladatok egészségügyi biztosításának speciális kérdéseit vizsgáljuk, részletezve, hogy milyen speciális kórképekre, sérülésekre kell felkészülni, az alkalmazott tűzszerész eszközöknek, eljárásoknak van-e egészségkárosító kockázata. Felhívjuk a figyelmet az egészségügyi szaktechnikai eszközök, szakanyagok lehetséges fejlesztésére, az egészségügyi szakállomány kiképzésénél kiemelten kezelendő témakörökre.”<sup>1194</sup>

A tűzszerészfeladatok végzése során lehetséges robbanásos sérülések jellemzőinek részletes bemutatása után egy táblázatban foglalták össze ezek főbb jellemzőit.

11. táblázat: A robbanás okozta sérülések osztályozása

| Osztályozás                    | Mechanizmus                                  | Érintett szervek                                                                                                                                                                                                                           | Sérülések                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Elsőrendű robbanásos sérülés   | robbanási túlnyomás, barotrauma              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– levegővel telt üreges szervek (tüdő, gyomor-bél rendszer, középfül)</li> <li>– a levegővel telt szervek mellett elhelyezkedő szolid szervek (szív, lép, máj, vese)</li> <li>– nagyerek</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– tüdő-barotrauma</li> <li>– dobhártya-perforáció</li> <li>– gyomor-bél rendszer perforáció, vérzés</li> <li>– szemgolyórepedés</li> <li>– agyzúzódás a fej sérülésének külső jele nélkül</li> <li>– máj, lép, illetve vesék leszakadása</li> <li>– szívzúzódás</li> <li>– nagyerek szakadása</li> <li>– légembólia</li> </ul> |
| Másodrendű robbanásos sérülés  | repszhatás                                   | bármely szerv érintett lehet                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>– zúzódások, törések testszerte</li> <li>– áthatoló sérülés a szemén, koponyán, mellkason, hason, medencén</li> </ul>                                                                                                                                                                                                          |
| Harmadrendű robbanásos sérülés | hirtelen gyorsulás-lassulás, a test ütközése | bármely szerv érintett lehet, elsősorban fej, nyak, végtagok                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>– zárt fejsérülés</li> <li>– nyaki csigolyatörés</li> <li>– traumás végtagsérülés</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                   |
| Negyedrendű robbanásos sérülés | hőhatás, toxikus gázok                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>– bőr, szem</li> <li>– légutak, tüdő</li> </ul>                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>– égés</li> <li>– légúti égés</li> <li>– mérgezés</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Kísérő tünetek                 | stressz                                      | szisztémás válasz a traumára                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>– angina</li> <li>– hipertónia</li> <li>– hiperglikémia</li> <li>– asztma</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                           |

Forrás: Hernád–Bártfai (2011): i. m. 1. táblázat, 5.

<sup>1193</sup> Hernád Mária – Bártfai Beáta: Repülőtereken végrehajtott tűzszerész feladatok egészségügyi biztosítási kérdései. *Repüléstudományi Közlemények*, (2011), különszám (Repüléstudományi Konferencia 2011. Szolnok előadásai).

<sup>1194</sup> Hernád–Bártfai (2011): i. m. 1.

Az improvizált robbanószerkezetek hatástalanításakor, megsemmisítésekor biztosítandó egészségügyi ellátás szintjeit, azok személyi és tárgyi feltételeit egy újabb táblázatban mutatták be a szerzők.

12. táblázat: Az egészségügyi biztosítás szintjei és feltételei tűzszerészfeladatok során

| Típus                   | Személyi feltétel                                                                             | Felszerelés                                                                                                                                       |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Emelt szintű szaksegély | 1 fő mentőtiszt<br>1 fő egészségügyi tiszthelyettes<br>1 fő sebesültszállító gépjárművezető   | sebesültszállító gépjármű<br>sebesültszállító gépjármű felszerelése<br>első ellátókészlet I. (tiszti)<br>első ellátókészlet II. (tiszthelyettesi) |
| Első orvosi segély      | 1 fő katonaeorvos<br>1 fő egészségügyi tiszthelyettes<br>1 fő sebesültszállító gépjárművezető | sebesültszállító gépjármű<br>sebesültszállító gépjármű felszerelése<br>első ellátókészlet I. (tiszti)<br>első ellátókészlet II. (tiszthelyettesi) |

*Forrás:* Hernád–Bártfai (2011): i. m. 4. táblázat, 7.

*A repeszsérülésekről és megelőzésük lehetőségeiről* írt *Hernád Mária* a *Műszaki Katonai Közlöny 2012-es* különszámában egy cikket.<sup>1195</sup> „A robbantásos merényleteket, robbanásos baleseteket túlélő sérültek esetében leggyakoribbak a repeszek okozta lágyrészsérülések, testüregekbe hatoló sérülések és csonttörések. A repeszdarabok származhatnak magából a robbanótestből, illetve a robbanás hatására szétrepülő kötőrmeléből, építőanyagokból vagy gépjármű-alkatrészekből, de akár magából az öngyilkos merénylőből is. A fragmentumok anyagától, méretétől, alakjától és sebességétől függően a legváltozatosabb következmények jöhetnek létre az emberi szervezetben, kritikus területeket érintve okozhatják a sérült halálát, rokkantságát. Előadásomban ezen mechanizmus okozta sérülések jellegzetességeiről és az emberi test védelméről lesz szó.”<sup>1196</sup>

„A terrorizmus az utóbbi években reális veszéllyé vált, Magyarország nemzetközi szerepvállalásai során célpontja lehet a terroristáknak, akik legtöbbször robbantásos merénylettekkel 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 módszereivel. 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. Összehasonlítva a különböző eredetű sebesüléseket, a harci bevetésekkor 15%-ban lövedékek és 85%-ban repeszek okozta sérülésekkel találkozunk az egészségügyi ellátás során. A testüregbe hatoló, esetleg nagyereket elszakító, nyakat, fejet érintő repeszek gyakran halálosak vagy maradandó

<sup>1195</sup> Hernád Mária: Repeszsérülések jelentősége és megelőzésének lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012), különszám. 73–86.

<sup>1196</sup> Hernád (2012): i. m. 73.

rokkantságot is okozhatnak, ezért a hadiiparban, a védőeszközök fejlesztése és gyártása során kiemelt figyelmet fordítanak a repeszvédelemre és ennek tesztelésére. A vietnami háború adatainak elemzésével kimutatták, hogy a halálos sérülések a testfelületen 47%-ban a mellkason és a felső hasi részen, 44%-ban a feji- és nyaktájékon találhatók, míg a halált okozó sérülések mindössze 9%-a esett a test egyéb tájaira, ezért elsődleges fontosságú a védősisakok és védőmellények alkalmazása.<sup>1197</sup>

„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. 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. 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. 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.”<sup>1198</sup>

13. táblázat: Súlyos sérülés kialakulásának határértékei a repesz tömegének függvényében a repeszbe-csapódást követően

| Kritikus szerv | A repesz tömege (kg) | A repesz 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           |

Forrás: Hernád (2012): i. m. 1. táblázat, 74.

A szerző ezután részletesen bemutatja a repeszek okozta sérülések jellegzetességeit, majd az élőerő repeszszérülésekkel szembeni védelmére alkalmazott kollektív és egyéni védőeszközöket.

<sup>1197</sup> Hernád (2012): i. m. 73.

<sup>1198</sup> Hernád (2012): i. m. 73.

*Hernád Mária* utolsó bemutatásra kerülő tanulmánya a *hallásvédelem* kérdéseit vizsgálta a robbantástechnikában.<sup>1199</sup> „Az egyik leggyakoribb foglalkozási ártalom a halláskárosodás, de ilyenkor leginkább a folyamatosan jelen lévő ipari zajokkal foglalkozunk. Jelentős károsodást okozhat viszont a robbantás során fellépő légnyomásváltozás és impulzus zaj is. Előadásomban szeretném bemutatni ezen ártalmak okozta elváltozásokat és betegségeket, a keletkező egészségkárosodás jellegzetességeit összehasonlítva a klasszikus zajártalommal, valamint a megelőzés lehetőségeit” – írta a bevezetőjében.<sup>1200</sup>

Ezt követően tisztázta a tartós zajártalom, az impulzus zaj és a dőrej halláskárosodás közötti különbséget. „Az impulzus zaj okozta és dőrej halláskárosodás nagymértékben különbözik a tartós zajártalomtól. Más mechanizmusok játszanak közre a kialakulásában, különböznek a határértékek, a zajmérés és az eredmények értékelése is problémát okozhat. A robbantási munkafolyamatok kapcsán ezzel a zajtípussal kell számolnunk, ha a kockázatértékeléshez és az egyéni védőeszközök kiválasztásához számba vesszük a lehetséges veszélyforrásokat. [...] 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 dőrejártalom miatt. A dőrejártalomnál a középfül és a belfül struktúrájának károsodása következtében általában kombinált típusú halláscsökkenés jön létre. A dőrej 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. Mivel a robbanási túlnyomás gyorsabban terjed, mint a hang, ezért előbb a légnyomásváltozás okozta károsodás jön létre, mely főleg a hangvezető rendszer (középfül) károsodását okozza, de nagy erejű robbanás akár a basalmembrán leszakadását és a csiga folyadék-rendszerének károsodását is okozhatja. [...]

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. [...]

A dobhártya sérülésének mértékéből következtethetünk a többi szerv, főleg a tüdő sérülésének lehetőségére. Amennyiben egy sérült esetében a dobhártya átszakadt, mindenképpen alapos vizsgálat szükséges az esetleges tüdőbevérzések felderítésére, és az első ellátástól kezdve potenciális mellkasi sérültként kell kezelni. 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. Az impulzív zajra, dőrejre a végtagok hajlító izmai, a gerincoszlopot támasztó izomkötegek és a szem körüli izmok reflexhatásra összehúzódnak (startle reakció). A dobhártya átszakadásának küszöbértéke különböző irodalmi adatok alapján 35-45 kPa, ez alatt fájdalom, bevérzés, átmeneti halláscsökkenés, fülszűrés lép fel. 100 kPa körüli nyomásemelkedésnél

<sup>1199</sup> Hernád Mária: Hallásvédelem a robbantástechnikában. *Műszaki Katonai Közöny*, 24. (2014), 3. 89–104.

<sup>1200</sup> Hernád (2014): i. m. 89.



50%-os a valószínűsége, más irodalmi adatok szerint viszont majdnem 100%-os, hogy a dobhártya átszakad.”<sup>1201</sup>

A cikk további részében az impulzív zajok munkahigiénés értékeléséről, valamint a robbantástechnikában alkalmazható hallásvédelmi lehetőségekről, eszközökről olvashatnak a szakemberek.

A magyar egészségügyi szakirodalomban – ahogy ezt a könyv ezen alfejezetében is bemutattuk – viszonylag kevés anyag foglalkozik a robbanásos sérülésekkel. *Várhelyi Levente* gyakorló sebészként írt a kérdést minden oldalról bemutató alapműnek is tekinthető doktori disszertációt ebben a témában. *Hernád Mária* a magyar tűzszerész alakulat csapatorvosaként és munkahigiénés szakemberként járta körül a robbanás és a robbanóanyagok emberi szervezetre gyakorolt hatásait és azok megelőzésének lehetőségeit *2013-ban* megvédett PhD-értekezésében.<sup>1202</sup>

A fentiekén kívül még egy hazai folyóiratban megjelent, a harctéren robbanási sérülést szerzett katonákról szóló cikket mutatunk be. *Caroline Alexander Robbantott elmék – láthatatlan háború az agyban* című tanulmányának fordítása a *National Geographic Magyarország* folyóirat 2015-ös számában jelent meg.<sup>1203</sup> „Robbanás okozta agykárosodás: a leggyakoribb sérülés az iraki és afgán hadszíntéren – száz- meg százezer amerikai katona szenved el ilyen típusú traumát. A láthatatlan ellenség mélyen berágja magát az elméjükbe, a lelkükbe.”<sup>1204</sup> A megdöbbentő emberi tragédiákat bemutató cikkben névvel és „arccal” szereplő egykori áldozatok is beszélnek a robbanás következtében elszenvedett sérüléseikről.

„Az Egyesült Államok Honvédelmi Minisztériumának (USDD) statisztikája szerint 2001 és 2014 között 230 ezer aktív állományú, illetve leszerelt katonánál mutattak ki robbanás okozta enyhe fokú agyi traumát. Az angolszász szakirodalomban *Mild traumatic brain injury*, röviden MTBI néven emlegetett állapot fejfájással, szédüléssel, mozgás-, látás-, beszéd- és alvászavarral, epilepsziás rohamokkal járhat. Mivel ezek a változatos tünetek a poszttraumás stressz szindrómára (PTSD) is jellemzőek, és mert a robbanás okozta sérülésekről a háború elején sem Afganisztánban, sem Irakban nem készültek pontos feljegyzések, ismereteink hézagosak, az MTBI megelőzésére, diagnosztizálására, kezelésére mindmáig nincs bevált módszer” – írja a szerző.<sup>1205</sup> A továbbiakban bemutatja azt a szakmai vitát, amely a mai napig folyik az MTBI sérülésekről, azok okairól és a szervezetet károsító következményeiről. A közleményben is bemutatott hivatalos vizsgálatok, különböző szakemberek elemzéseinek, kutatásainak eredményei ellenére

<sup>1201</sup> Hernád (2014): i. m. 89–92.

<sup>1202</sup> Hernád Mária: *A robbanás és a robbanóanyagok emberi szervezetre gyakorolt hatásai és megelőzésének lehetőségei*. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Nemzeti Közszerológiai Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, 2013a.

<sup>1203</sup> Caroline Alexander: *Robbantott elmék – láthatatlan háború az agyban*. *National Geographic Magyarország*, 2015. február. 74–95.

<sup>1204</sup> Alexander (2015): i. m. 74.

<sup>1205</sup> Alexander (2015): i. m. 77.

a cikk zárószövegyáltalán nem megnyugtatóak: „egyelőre meg kell barátkoznunk a tény-nyel: mindmáig nincs megbízható módszer az MTBI diagnosztizálására”.<sup>1206</sup>

A harctéren a feladatukat végző katonáknak, de a városok nyüzsgő forgatagában dolgozó rendőröknek, tűzoltóknak, biztonsági szakembereknek sincs lehetőségük bonyolult elemzések, számítások elvégzésére egy-egy robbantásos fenyegetés során. Az ő munkájukat segíthetik azok a katonai szabályzatok, egyéb, a robbanás hatásaival foglalkozó szakkönyvek, amelyekben egy-egy táblázat mutatja be adott tömegű robbanóanyag hatását az emberi szervezetre, ezzel segítve a biztonságos távolságra történő kimenekítést. Ezek közül mutatunk be néhányat az alfejezet befejezéseként.

1988-ban a Brit Királyi Műszaki Csapatok részére kiadott egészségügyi szabályzatban<sup>1207</sup> található a 14. táblázat.

14. táblázat: Személyek biztonságos távolságai (törmelék okozta szem-, súlyos és halálos sérülés) különböző tömegű robbanóanyag-töltetek szabadtéri robbanása esetén

| A robbanóanyag tömege (kg) | Robbanás okozta sérülés           |                   |                      |                       |
|----------------------------|-----------------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|
|                            | Védett távolság a repeszektől (m) | Szemsérülések (m) | Súlyos sérülések (m) | Halálos sérülések (m) |
| 10                         | 25                                | 15                | 8                    | 5                     |
| 15                         | 30                                | 17                | 9                    | 6                     |
| 25                         | 30                                | 20                | 11                   | 6                     |
| 35                         | 35                                | 20                | 12                   | 7                     |
| 45                         | 40                                | 20                | 12                   | 7                     |
| 65                         | 45                                | 25                | 14                   | 8                     |
| 90                         | 50                                | 30                | 18                   | 9                     |
| 140                        | 55                                | 30                | 20                   | 10                    |
| 190                        | 65                                | 35                | 20                   | 10                    |
| 250                        | 75                                | 40                | 20                   | 15                    |
| 350                        | 80                                | 45                | 25                   | 15                    |
| 450                        | 85                                | 50                | 25                   | 20                    |
| 700                        | 100                               | 55                | 30                   | 20                    |
| 900                        | 105                               | 60                | 30                   | 25                    |
| 1100                       | 115                               | 95                | 35                   | 25                    |
| 1300                       | 120                               | 70                | 35                   | 25                    |

Forrás: *Tactical Aide Memoire 1988*. Section 4.5. 4–35.

1997-ben az amerikai *Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms*<sup>1208</sup> kiadványához mellékeltek egy kis plasztiklapot, amelyet minden utcán szolgáló rendőr megkapott azért, hogy egy robbantásos fenyegetés esetén minden különösebb szakmai ismeret nélkül is rögtön megkezdhesse a közelben tartózkodó személyek mentését.

<sup>1206</sup> Alexander (2015): i. m. 88.

<sup>1207</sup> *Tactical Aide Memoire 1988* – Royal Engineers Insert to the Tactical Aide Memoire. Prepared under the direction of the Chief of the General Staff. Tactical Doctrine and ARMS Directorate. Army Code No. 71384. Chapter 4-Demolition.

<sup>1208</sup> Alkohol-, Dohány- és Lőfegyverügyi Hivatal.

15. táblázat: Járműbomba-robbanási veszély- és evakuálási távolságok

| A gépjármű típusa                                                                 | A gépjármű teherbírása   | Halálos léglökési távolság | Kiürítési távolság (minimum) | Üvegszilánkok okozta veszélyes távolság |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|
|  | 500 font<br>227 kg       | 100 láb<br>30 m            | 1500 láb<br>457 m            | 1250 láb<br>381 m                       |
|  | 1000 font<br>455 kg      | 125 láb<br>38 m            | 1750 láb<br>534 m            | 1750 láb<br>534 m                       |
|  | 4000 font<br>1818 kg     | 200 láb<br>61 m            | 2750 láb<br>838 m            | 2750 láb<br>838 m                       |
|  | 10 000 font<br>4545 kg   | 300 láb<br>91 m            | 3750 láb<br>1143 m           | 3750 láb<br>1143 m                      |
|  | 30 000 font<br>13 636 kg | 450 láb<br>137 m           | 6500 láb<br>1982 m           | 6500 láb<br>1982 m                      |
|  | 60 000 font<br>27 273 kg | 600 láb<br>183 m           | 7000 láb<br>2134 m           | 7000 láb<br>2134 m                      |

*Forrás:* Arson and Explosives Incidents Report – *Vehicle Bomb Explosion Hazard and Evacuation Distance Table*. ATF P 3320.4 (5/99). Washington, DC, Department of the Treasury Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms, Arson and Explosives Programs Division, National Repository Branch, 20226, 1997.

*A Magyar Honvédségnél 2010-ben jelent meg hasonló táblázat.*

16. táblázat: IED robbanás biztonsági távolságai

| Az IED típusa                                                                       |                                             | A töltet tömege (TNT-egyenérték) | Biztonsági távolság fedezékben | Biztonsági távolság nyílt terepen |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
|  | csőbomba                                    | 2,5 kg                           | 20 m                           | 250 m                             |
|  | öngyilkos robbanóöv                         | 4,5 kg                           | 30 m                           | 350 m                             |
|  | öngyilkos robbanómellény                    | 10 kg                            | 35 m                           | 450 m                             |
|  | robbanóanyaggal töltött táska               | 25 kg                            | 50 m                           | 600 m                             |
|  | VBIED középkegél kategóriás személygépkocsi | 250 kg                           | 100 m                          | 500 m                             |
|  | VBIED felső kategóriás személygépkocsi      | 450 kg                           | 150 m                          | 600 m                             |

| Az IED típusa                                                                     |                                  | A töltet tömege<br>(TNT-egyenérték) | Biztonsági távol-<br>ság fedezékben | Biztonsági távol-<br>ság nyílt terepen |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|
|  | VBIED mikrobusz,<br>kisteherautó | 2000 kg                             | 200 m                               | 1000 m                                 |
|  | VBIED teherautó                  | 4500 kg                             | 300 m                               | 1200 m                                 |
|  | VBIED tankautó                   | 13 000 kg                           | 400 m                               | 2000 m                                 |
|  | VBIED kamion                     | 25 000 kg                           | 500 m                               | 2500 m                                 |

*Forrás: Rögtönzött robbanóeszközök elleni tevékenység (C-IED) alapismeret. Budapest, Magyar Honvédség Műveleti Központ, 2010. 70–71.*

A robbanás okozta sérülésekről szóló alfejezetet a *Genfi Nemzetközi Humanitárius Akna-mentesítési Központ 2017-ben* készített, *Robbanó fegyverek hatása* című<sup>1209</sup> kiadványának néhány témába vágó részletével fejezzük be. Az anyagban hasznos útmutatások szerepelnek a robbanószerkezetek okozta sérülésekkel kapcsolatban.

A robbanás okozta túlnyomás és a léglökési hullám épületszerkezetekre és az emberi szervezetre gyakorolt hatását a 17. táblázat foglalja össze.

*17. táblázat: A robbanási túlnyomás és a léglökési hullám hatása az épületszerkezetekre és az emberi szervezetre*

| Túlnyomás | Léglökési hullám max. sebessége | Épületszerkezetekre gyakorolt hatások                                                              | Emberi szervezetre gyakorolt hatások                                |
|-----------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 7,0 kPa   | 17 m/s                          | Az ablaküveg betörik                                                                               | Könnyű szilánkok okozta sérülések fordulnak elő                     |
| 14,0 kPa  | 31 m/s                          | Mérsékelt károk. Az ablakok és az ajtók kitörnek, és súlyos károk keletkeznek a tetőszerkezetekben | Sérültek a repülő üveg és a törmelék repeszei által                 |
| 21,0 kPa  | 46 m/s                          | Lakóépületek összeomlása                                                                           | Gyakorlati a súlyos sérülések, halálos kimenetelűek előfordulhatnak |
| 34,5 kPa  | 73 m/s                          | A legtöbb épület összeomlik                                                                        | Sok sérült, a halálos áldozatok széles körben elterjedtek           |
| 69,0 kPa  | 131 m/s                         | Vasbeton épületek súlyosan megsérülnek vagy leomlanak                                              | A legtöbb emberre nézve halálos                                     |
| 138,0 kPa | 224 m/s                         | Megerősített építésű betonépületek súlyosan megsérülnek vagy leomlanak                             | A halálesetek száma megközelíti a 100%-ot                           |

*Forrás: GICHD (2017): i. m. 47. Table 4.*

<sup>1209</sup> Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD): *Explosives Weapon Effect – Final Report*. Genf, 2017. A kiadvány szerkesztői között szerepelt dr. Balogh Zsuzsanna alezredes is.

A kiadványban a lökéshullám káros hatásaival kapcsolatban idéznek Hernád Mária doktornőnek egy 2013-as nemzetközi konferencián tartott előadásából is. „A robbanás más típusú sérüléseket is okoz. Ellentétben az épületekkel és épületszerkezetekkel, amelyek a robbanás pozitív és negatív fázisából származó különböző mértékű károkat szenvednek el, az emberi test a robbanáshullám pozitív fázisában szenved el a sérülések többségét. A lökéshullám a gázok gyors összenyomódását, majd kitágulását okozza az üreges szervekben, például a gyomor- és -bélrendszerben, a tüdőben és a fülben. A robbanás túlnyomása károsítja a levegővel töltött emberi szerveket, zúzódásokat, szakadásokat és a szervfalak átszúródását okozhatja. A nyomáshullám átszakíthatja a dobhártyát és eltörhetnek a fül belsejében lévő érzékeny csontok. E szervek gyors összenyomódása, majd újbóli kitágulása szakadásokat eredményezhet, amelyet elsősorban a szerv- és izomszövetek, különböző sűrűségük miatti eltérő sebességű gyorsulása okoz. A szilárd szervek, mint például a vesék és a máj, nem olyan érzékenyek a robbanáshullámok közvetlen károsodására, mint az üreges szervek, de a robbanáshullámok által kifejtett nyíróerő ezeket is elszakíthatja a testben lévő rögzítési pontjaikból.”<sup>1210</sup>

A zárt térben bekövetkezett robbanás kiemelt veszélyességéről a korábban bemutatott publikációkban is írtak a szerzők. Ennek okáról Susánszki Zoltán 1999-es kísérletei kapcsán fentebb beszámoltunk. A genfi tanulmányban egy 1996-ban megjelent cikkre hivatkozva közöltek egy összehasonlító táblázatot a nyílt és a zárt térben történt robbanások hatásairól.<sup>1211</sup>

18. táblázat: A nyílt és a zárt térben történt robbanások okozta sérülések és halálesetek

|                                                                                      | Robbanás nyílt térben | Robbanás zárt térben           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Halálos sérülések                                                                    | 8%                    | 49%                            |
| Sérülések                                                                            |                       |                                |
| Elsődleges robbanás okozta sérülések                                                 | 34%                   | 77%                            |
| Égési sérülések (teljes testfelület)                                                 | 18%                   | 31%                            |
| Sérülés súlyossága (medián érték a sérülés súlyossági pontszámának felhasználásával) | 4 (kisebb)            | 18 (közepesen súlyos / súlyos) |

Forrás: GICHD (2017): i. m. 57. Table 7.

A táblázathoz az alábbi kiegészítést olvashatjuk az anyagban: „A szemet és a végtagokat érintő robbanás okozta sérülések ritkák, de igen súlyos sérüléseket eredményeznek. Amikor a robbanási lökéshullámok végtagokat szakítanak le, a beteg valószínűleg nem éli túl a vérvesztést. Azokban az esetekben, amikor a beteg túléli az ilyen traumás

<sup>1210</sup> Maria Hernad: *Mechanism and Classification of Blasting Injuries*. Brno, International Conference of Military Technologies, 2013.

<sup>1211</sup> D. Leibovici – O. N. Gofrit – M. Stein – S. C. Shapira – Y. Noga – R. J. Heruti – J. Shemer: Blast Injuries: Bus Versus Open-Air Bombings – a Comparative Study of Injuries in Survivors of Open-Air Versus Confined Space Explosions. *The Journal of Trauma*, 41. (1996), 6. 1030–1035.

amputációt, a végtagokat ritkán lehet visszavarni. Nyílt térben az érintettek 8%-a halt meg, míg zárt térben 49%-uk.”<sup>1212</sup>

A terroristák gyakran alkalmaznak tüzérségi lőszereket vagy légibombákat a saját készítésű robbanószerkezeteik „tölteteként”. A tanulmány egy összegző táblázatban foglalja össze a különböző országokban gyártott, a fegyveres konfliktusok során leggyakrabban alkalmazott aknavető, tüzérségi, sorozatvető és harcokcsilőszerek, valamint légibombák legfontosabb adatait. Ezekből mutatunk be néhányat a 19. táblázatban, a bennük lévő töltetek robbanóanyagának típusával és mennyiségével.

19. táblázat: Különböző kaliberű tüzérségi lőszerek és légibombák nettó robbanóanyag-tartalma (NEQ<sup>1213</sup>)

| Típus                                       | Gyártó ország | Robbanóanyag-töltet | NEQ            |
|---------------------------------------------|---------------|---------------------|----------------|
| <b>Aknavető lőszerek</b>                    |               |                     |                |
| 81 mm                                       | USA           | Comp-B              | 0,96 kg        |
| 81 mm                                       | Szerbia       | TNT                 | 0,68 kg        |
| 82 mm                                       | Bulgária      | TNT                 | 0,42           |
| 120 mm                                      | Szerbia       | Comp-B/TNT          | 3,26/2,45 kg   |
| 120 mm                                      | Belgium       | Comp-B              | 3,46 kg        |
| 120 mm                                      | Norvégia      | TNT                 | 2,0 kg         |
| <b>Sorozatvető lőszerek</b>                 |               |                     |                |
| 122 mm                                      | Szovjetunió   | TGAF-5              | 8,32 kg        |
| 122 mm                                      | Románia       | TGAF-5              | 7,80 kg        |
| 122 mm                                      | Törökország   | Comp-B              | 7,98 kg        |
| <b>Tüzérségi és harcokcsi (hk) lőszerek</b> |               |                     |                |
| 152 mm                                      | Oroszország   | A-IX-2              | 12,01 kg       |
| 155 mm                                      | Olaszország   | Comp-B/TNT          | 15,00/11,30 kg |
| 155 mm                                      | Norvégia      | TNT/Comp-B          | 9,00/11,97 kg  |
| 155 mm                                      | USA           | TNT                 | 10,79 kg       |
| 115 mm (hk)                                 | Szovjetunió   | A-IX-2              | 4,82 kg        |
| 120 mm (hk)                                 | Franciaország | Comp-B              | 3,99 kg        |
| 120 mm (hk)                                 | Norvégia      | OSX-B               | 4,16 kg        |
| <b>Repülőbombák</b>                         |               |                     |                |
| 500 fontos                                  | USA           | TNT                 | 87,00 kg       |
| 500 fontos                                  | Szerbia       | TNT                 | 105,00 kg      |
| 500 fontos                                  | Románia       | TNT                 | 97,00 kg       |

Forrás: GICHD (2017): i. m. 78–82. Table 9. alapján

A robbanószerkezetek repeszei a robbanási túlnyomás és a léglökési hullám okozta sérüléseket jelentősen meghaladó távolságban is pusztító hatásúak lehetnek. Az Amerikai Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma 2013-as anyagára<sup>1214</sup> hivatkozva közöl a tanulmány

<sup>1212</sup> GICHD (2017): i. m. 57.

<sup>1213</sup> Net Explosive Quantity.

<sup>1214</sup> U.S. Department of the Army: *Ammunition and Explosives Safety Standards (Vol. Pamphlet 385-64)*. Washington, D. C., 2013.



egy táblázatot, amelyben a veszélyes repesztávolságot (HFD) adja meg méterben egy adott nettó robbanóanyag-mennyiségű (NEQ) lőszer esetén, ahol a töltet tömege TNT-egyenértékben van kifejezve.

20. táblázat: Egy adott nettó robbanóanyag-mennyiségű lőszer (NEQ) veszélyes repesztávolsága (HFD)<sup>1215</sup>

| NEQ (kg) | HFD (m) | NEQ (kg) | HFD (m) |
|----------|---------|----------|---------|
| 0,45     | 87      | 11,35    | 164     |
| 0,91     | 104     | 22,70    | 180     |
| 1,36     | 113     | 34,05    | 190     |
| 2,27     | 126     | 45,40    | 197     |
| 4,54     | 142     | 113,50   | 304     |

Forrás: GICHD (2017): i. m. 50. Table 5.

A HFD azt a távolságot jelöli, amelynél a robbanás során képződő repeszek mennyisége nem haladja meg az egy darabot egy 55,7 m<sup>2</sup>-es területen.

Ugyanakkor az Amerikai Védelmi Minisztérium egy 2008-as anyagára hivatkozva<sup>1216</sup> megjegyzi, hogy a HFD nem azt a maximális távolságot jelenti, ameddig a repeszek elrepülhetnek – egyes repeszek akár több mint 3048 m-rel messzebbre is eljuthatnak, mint ahogy azt a veszélyes repesztávolságnál megadták.

Végezetül az Amerikai Hadsereg által alkalmazott besorolást mutatjuk be a halálos lőszerrobbanás számítására. RED 0.1 esetén minden ezer katonából egy, míg RED 10 esetén minden tízből egy szenvedhet az adott távolságon belül halálos sérülést.

21. táblázat: Becsült kockázati távolságok<sup>1217</sup> tüzérségi löszerek és légibombák robbanásakor

| A robbanószerkezet típusa                        | RED 0.1 (M) | RED 10 (M) |
|--------------------------------------------------|-------------|------------|
| Közepes kaliberű (81 mm / 82 mm) aknavető lőszer | 175 m       | 80 m       |
| 120 mm-es harcokcsilőszer                        | 250 m       | 90 m       |
| 120 mm aknavető lőszer                           | 400 m       | 100 m      |
| 152/155 mm-es tüzérségi lőszer                   | 450 m       | 125 m      |
| 122 mm-es sorozatvető lőszer                     | 500 m       | 150 m      |
| 500 fontos repülőbomba (MK 82)                   | 425 m       | 250 m      |

Forrás: GICHD (2017): i. m. 84. Table 10.

A fejezet befejezéseként már csak egy kérdés maradt tisztázatlan: a leírtak hol, melyik robbantási szabályzatunkban jelentek, jelennek meg? A válasz nem megnyugtató, tekintve, hogy egyik 1945 után megjelent robbantási utasításunk sem foglalkozott sem

<sup>1215</sup> Hazardous Fragment Distances.

<sup>1216</sup> U.S. Department of Defense (DoD): Ammunition and Explosives Safety Standards: Quantity-Distance Criteria for Intentional Burns or Detonations, Energetic Liquids, and Underground Storage. 5. Washington, D. C., 2008.

<sup>1217</sup> RED – Risk Estimate Distance.

a robbanáskor keletkező mérgező gázokkal, sem a robbanóanyagokkal végzett munka során betartandó munkaegészségügyi szabályokkal, sem pedig a robbanás emberi szervezetre gyakorolt káros hatásaival. Azt ugyan mindegyik jelzett szabályozó dokumentum biztonsági szabályai között rögzítették, hogy „a robbantás végrehajtására kirendelt személyi állománynak kötelessége ismerni az alkalmazott robbanóanyagokat, gyújtószerkeket, a robbantási segédeszközöket, azok tulajdonságait, a velük való munkák szabályait, a munkák végrehajtásának sorrendjét és a betartandó biztonsági rendszabályokat”.<sup>1218</sup> A jelenleg is hatályos Mű/213. Robbantási utasításból azonban csak annyit tud meg a felhasználó például a trotil „tulajdonságairól”, hogy „enyhén keserű ízű”.<sup>1219</sup> A pikrinsavnál már kicsit bővebb információt is közöl: „pora erősen ingerli a légutakat”.<sup>1220</sup> Az egyes robbantási feladatok végzésénél a biztonsági rendszabályoknál közli a „fedezéken kívül tartózkodó személyek számára előírt biztonsági távolságot”.<sup>1221</sup> Hogy igazán milyen sérülésektől véd ez a távolság, az nem derül ki a szövegből. A 13. számú mellékletben, amely a „robbanás lökési hullámától védett veszélytelen távolságok”-ról szól, már egy képletet is találunk, amelynek segítségével a robbanóanyag-töltet tömegétől és a tervezett „rombolás mértékétől” függően ki lehet számítani a biztonsági távolságot. A segéd táblázatból aztán kiderül, hogy ebben az esetben sajnos nem a katona, hanem a robbanás körzetében található egyéb objektumok védelméről van szó.<sup>1222</sup>

A II. világháborút követően az orosz nyelvű eredeti anyagokból fordított robbantási szabályzatokhoz képest még az 1928-as Műszaki oktatás, 2. füzet, Robbantások I. részben is valamivel több információt közölnek például a robbanóanyagok esetleges mérgező hatásairól. „Az ekrazit mérsékelt hatású mérge; a nyálkahártyát megtámadja [...] Az ekrazit robbanásánál keletkező gázok ellen még a gázálc sem nyújt biztos védelmet, ezért ha zárt helyen (kavernákban, aknafolyosókban, alagutakban) robbantunk vele, legalább 15 percig kell a munka folytatásáig várnunk. A 15 perc lefolyása előtt csak önmentőkészülékkel felszerelve közelíthetjük meg a robbanás helyét.”<sup>1223</sup> „A dinamitok mérgező hatásúak. Kigőzölgéseik belélegezve főfájást és hányingert okoznak. Ellenszerük: a hideg borogatás és a hideg feketekávé.”<sup>1224</sup>

Visszatérve a Mű/213. Utasításhoz, a zárt helyen történő robbantás kapcsán az alább írja: „alagutakban, aknában, árkokban, kutakban, fűrt lyukakban stb. végrehajtott robbantás után csak gondos szellőztetés (átfűvés) után szabad behatolni, illetve azokban újabb tölteteket elhelyezni”.<sup>1225</sup> Hogy mivel lehet például az „átfűvést” végrehajtani, az a továbbiakból nem derül ki. Ugyancsak homályos a földrobbantás biztonsági szabályainál megfogalmazott következő kitétel is: „a robbanás következtében keletkezett tölcések azonnali megközelítése és felhasználása tilos, mert bennük meghatározott ideig

<sup>1218</sup> Mű/2. (1965): i. m. 372; Mű/213 (1971): i. m. 334.

<sup>1219</sup> Mű/213. (1971): i. m. 12.

<sup>1220</sup> Mű/213. (1971): i. m. 14.

<sup>1221</sup> Mű/213. (1971): i. m. 334–335.

<sup>1222</sup> Mű/213. (1971): i. m. 424–425.

<sup>1223</sup> E-34 (1928): i. m. 41–42.

<sup>1224</sup> E-34 (1928): i. m. 53.

<sup>1225</sup> Mű/213. (1971): i. m. 336.

mérgező hatású gázok maradhatnak vissza”.<sup>1226</sup> Sajnos az anyagban később sem találunk arra vonatkozó adatot, hogy mennyi ez a meghatározott idő.

A Magyar Honvédség egyik speciális alakulata számára épített Taktikai Ház kiképzőobjektumhoz készült, *MŰ-224/18. Nyílászáró robbantási szakutasítás*<sup>1227</sup> 2012-es megjelenéséig kellett várnunk arra, hogy a robbanás egészségügyi hatásairól először olvashassunk a hazai katonai robbantástechnikában. A fejezetben fentebb többször idézett Hernád Mária által írt 22 oldalas 4. melléklet részletesen tárgyalja mind a robbanás során fellépő fizikai folyamatokat és azok emberi szervezetre gyakorolt káros hatásait, mind a robbantási feladatok végrehajtásának munkaegészségügyi vonatkozásait. Utóbbinál bemutatja a katonai gyakorlatban alkalmazott robbanóanyagok toxikus hatását, az esetleges mérgezések jellemző tüneteivel. Az anyagban a szerző kitér a robbanáskor felszabaduló gázokra is, azok veszélyességének részletezésével. A Magyar Honvédségnél azonban a szabályozók hierachiájából fakadóan a szakutasításnál magasabb szintű Robbantási utasítás az elsődleges irányadó dokumentum.

A gondolat végén ugorjunk vissza a fejezet elején már idézett, a *Ludovica Academia Közlönyében* 1876-ban megjelent cikke.

„Bugeaud tábornagy e mondata: »A csapatokat nem tűzbe vezetni, de azokat épségben fenntartani nehéz« kevés szóval jelzi azon szükségességet, hogy minden tiszt képes legyen gondoskodni arról is, hogy a vezetésére bízott katonáknak megsebesülés, valamint közönségesebb betegségek alkalmával orvos nemlétében is segély nyújtassék. Nem lehet ugyan a tiszttől azt kívánni, hogy az orvosi tudományokat tanulmányozza, de igen is azt, hogy a leggyakrabban előforduló orvosi segélynyújtásnak legalább első elemeivel megismerkedjék.

E követésre méltó célzt tűzték ki maguknak Chassagne A. és Desbrousses francia seregbeli orvosok, midőn »Guide médical pratique de l'officier« című gyakorlati orvosi utasításukat közrebocsátották. E gyakorlati orvosi utasítás tartalma a következő legszükségesebbekre terjed ki:

1-ső rész. Boncz- és élettani vázlat.

2-ik rész. Katonai egészségügyi ismeretek az étellemezést, elszállásolást, a katonai ruházatot illetőleg; a helyőrségben levő katona egészségügyéről, a betegekről, sebesültekről vagy rokkantokról.

3-ik rész. Sebészeti kalauz: sebesülések nemei, a sebesülteknek nyújtandó elsősegélyek és bekötözések.

4-ik rész. Orvosi kalauz: hadseregi és helyőrségi járványok, leggyakrabban előforduló évszaki stb. betegségek.

5-ik rész. Gyakorlati utasítás a sorozásnál szükséges egészségügyi ismérvekről.”<sup>1228</sup>

A Magyar Honvédség 135 évvel később, 2012-ben jutott el oda, hogy egy szakutasításban legalább részben megfeleljen ezeknek az elvárásoknak.

<sup>1226</sup> Mű/213. (1971): i. m. 341.

<sup>1227</sup> *MŰ-224/18. Nyílászáró robbantási szakutasítás*. Honvéd Vezérkar Hadművelleti Csoportfőnökség, 2012.

<sup>1228</sup> Orvosi kézikönyv tisztek számára (1876): i. m. 757–758.

Hernád Mária ezekkel a gondolatokkal zárta 2013-ban megvédett *A robbanás és a robbanóanyagok emberi szervezetre gyakorolt hatásai és megelőzésének lehetőségei* című PhD-értékezését. „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 tartalmaznak 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 szereznek és érvényesítik azokat. Remélem, nagy segítséget nyújt nekik az értekezés-em.”<sup>1229</sup>

A kutatás során elért új tudományos eredményeit az alábbiakban foglalta össze:

„Összegyűjtöttem, rendszereztem és értékeltem a főleg külföldi szakirodalmat, a robbanóanyagok toxikológiai tulajdonságaival kapcsolatban.

Kidolgoztam a robbanóanyagokkal való tevékenységek közben betartandó munkahigiénés szabályokat, melyekkel megelőzhetők a foglalkozási betegségek, mérgezések.

Ajánlásokat dolgoztam ki a robbanóanyagokkal végzett tevékenységekhez szükséges egyéni védőeszközökről.

Összefoglaltam a robbanási sérülések jellegzetességeit a robbanás közben lejátszódó folyamatok alapján, elemeztem a jelenleg leghatékonyabb, robbanások ellen kifejlesztett katonai védőeszköz, az EOD-9 nehéz tűzszerész védőruha védelmi képességeit.

Kidolgoztam azokat a munkaegészségügyi szabályokat, melyeket alkalmazva csökkenthető az EOD-9 nehéz tűzszerész védőruha okozta munkavállaló megterhelés és igénybevétel, valamint optimalizálható a védőeszköz védelmi képessége.

Javaslatokat dolgoztam ki a robbanás okozta akut akusztikus trauma és dörejártalom megelőzésére.

Meghatároztam a különböző robbantási tevékenységek során a robbantást végző személyt érő robbanási gázok okozta expozíciót. Ez alapján ajánlásokat dolgoztam ki

<sup>1229</sup> Hernád (2013a): i. m. 204–205.

a különböző szituációkban alkalmazandó egészségvédelmi teendőkről és egyéni védőeszközökről.

Kidolgoztam egy útmutatót, mely segít a munkavédelmi és munkaegészségügyi szakembereknek kockázati csoportba sorolni a robbantástechnikában dolgozó munkavállalókat, ezek alapján az alkalmassági vizsgálatok elrendelését, egyéni védőeszközök kiválasztását, és a kockázatértékelést könnyíti meg.”<sup>1230</sup>

Az elkészült munka felhasználhatóságára vonatkozó ajánlásaiban ezek szerepeltek. „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 nevelésekor.

Remélem az általam kidolgozott egészségvédelmi célú intézkedések hamarosan megfelelő jogszabályi, doktrinális környezetbe kerülhetnek.”<sup>1231</sup>

Hernád doktornő ma már nem dolgozik az 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Ezrednél, és nem tagja a fegyveres erőknél sem. A civil szférában folytatott gyógyító tevékenysége sincs összefüggésben a robbantástechnikával. Valóban ilyen gazdagok vagyunk, vagy csak nem tudjuk kellően megbecsülni az értékeinket?

<sup>1230</sup> Hernád (2013a): i. m. 205.

<sup>1231</sup> Hernád (2013a): i. m. 206.

# Irodalom

## Törvények, határozatok, intézkedések

1872. évi XVI. törvénycikk a magyar királyi honvédségi Ludovika-Akadémia felállításáról.
1989. évi 20. törvényerejű rendelet a háború áldozatainak védelmére vonatkozóan Genfben 1949. augusztus 12-én kötött Egyezmények I. és II. kiegészítő Jegyzőkönyvének kihirdetéséről. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=98900020.TVR>
- 4334/eln. rendelet a Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához című tankönyv megjelentetésére. *Rendeleti Közlöny*, 26. (1899. június 18.), 17.
- 2388/eln. rendelet az E–23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és századutásai számára című szolgálati könyv kiadásáról. *Rendeleti Közlöny*, 29. (1902. április 7.), 95.
- 9169/eln. körrendelet Durranó gyújtózsineg 03 mintájú rendszeresítése. *Rendeleti Közlöny*, 33. (1906. november 15.), 404.
- 23786/eln. 1922. számú Körrendelet. *Rendeleti Közlöny*, 49. (1922. november 4.), 55. 463.
- 17530/eln. rendelet az E–32 (Műsz. okt.) Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára + Ábrafüzet című szolgálati könyv kiadására. *Honvédségi Közlöny*, 53. (1926. december 1.), 29. 232.
5281. eln. rendelet az E–34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I–II. rész + Mellékletek című szolgálati könyv kiadására. *Honvédségi Közlöny*, 55. (1928. április 30.), 10. 73.
- 9586/eln. körrendelet a 34. M. utász-robbantóanyag rendszeresítésére. *Honvédségi Közlöny*, 61. (1934. december 21.), 1. 2.
- 89.876/eln. 7/m.-1941 körrendelet az 1 kg. Robb. szelence törléséről a honvédség felszereléséből. *Honvédségi Közlöny*, 68. (1941. július 3.), 33. 404.
- 87.588/eln. 7/m.-1942 körrendelet a 41. M. NK–U. robbantó anyag rendszeresítéséről „0,5 kg-os robbantó szelence, 0,1 kg-os robbantó töltény, tak., hak. és éra. robb. préstest kiviteli formájában”. *Honvédségi Közlöny*, 69. (1942. március 17.), 17. 181.
- 88.533/eln. 7/m.-1942 körrendelet a 42. M. utász gyutacs rendszeresítésére. *Honvédségi Közlöny*, 69. (1942. június 27.), 29. 323.
- 89.082/eln. 7/m.-1942 körrendelet Elektromos gyutacs rendszeresítése (42 M. elektromos gyutacs a 35 M. izzógyújtó és a 42 M. elektromos szerelt gyutacs a 35 M. szerelt izzógyújtó helyett). *Honvédségi Közlöny*, 69. (1942. augusztus 29.), 39. 412.
- M. kir. Honvédelmi Miniszter 77.972/eln. 7. m. 1944. – 1 és 3 kg-os robb. töltet kezelési utasítása. Budapest, Attila nyomda részvénytársaság, 1944.
- 577/Elnökség–1950. rendelet a Robbantási segédlet című szolgálati könyv kiadására. *Honvédségi Közlöny*, 77. (1950. május 19.), 14. 289.
- 2.278/Elnökség–1950. rendelet az E–mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás című szolgálati könyv kiadására. *Honvédségi Közlöny*, 77. (1950. december 13.), 1. 1.
- MNVK 7. Önálló Osztály közleménye a Mű/2. Robbantási utasítás című szolgálati könyv kiadására. *Honvédségi Közlöny*, 92. (1965. október 30.), 5. 48–49.
- MNVK 7. Önálló Osztály közleménye (HK 2.), a Mű/213. Robbantási utasítás című szolgálati könyv kiadására. 1972. március 20.



- 37/2000. (HK 8.) SZVK MÜV rendelkezés: az RG utászigyutacs felhasználásának, alkalmazásának, tárolásának szabályozása.
- 210/2000. (HK 15.) SZVK MÜF rendelkezés: A KKT–A és KKT–T (Kisméretű Kumulatív Töltetek) alkalmazásba vétele.
- 210/2000. (HK 15.) SZVK MÜF rendelkezés: Az RG utászigyutacs alkalmazásba vétele. 974.
- 569/97/2003/TH. (HK 26.) HM határozat rendszeresítésre/kivonásra kerülő haditechnikai eszközökről és hadfelszerelési anyagokról – BRW (F) típusú villamos gyutacs és NONEL gyújtórendszer.
- 838/2006. (HK 23.) MH ÖLTPK intézkedés, a Harckocsi és gyalogság elleni akadályrendszerek anyagainak és eszközeinek, valamint az új típusú harcanyagok kezelése és karbantartása című főnökségi kiadvány megjelentetéséről.
- 747/2006. (HK 21.) MH ÖLTPK intézkedés, STANAG 4397 – A NATO robbanóanyag katalógusa nemzeti bevezetése. 1631.
- 749/2006. (HK 21.) MH ÖLTPK intézkedés, STANAG 4230 – A HNS robbanóanyag átadásának speciális előírásai egyik NATO országból a másikba nemzeti bevezetése.
- 750/2006. (HK 21.) MH ÖLTPK intézkedés, STANAG 4022 – A hexogén robbanóanyag átadásának speciális előírásai egyik NATO országból a másikba nemzeti bevezetése. 1632.
- 751/2006. (HK 21.) MH ÖLTPK intézkedés, STANAG 4025 – A TNT robbanóanyag átadásának speciális előírásai egyik NATO országból a másikba nemzeti bevezetése.
- 752/2006. (HK 21.) MH ÖLTPK intézkedés, STANAG 4021 – A tetryl robbanóanyag átadásának speciális előírásai egyik NATO országból a másikba nemzeti bevezetése.
- 839/2006. (HK 23.) MH ÖLTPK intézkedés, STANAG 4170 – Alapelv és módszertan a hadseregben használt robbanóanyagok minősítéséhez nemzeti bevezetése.
- 4/2006. (HK 13.) HVKF I. h. közl., STANAG 7141 EP (Edition 3) (Ratification draft 1) – Joint NATO doctrine for environmental protection during NATO LED military activities elfogadása.
- Vegyipari balesetelhárító és egészségvédő óvórendszabály. IV. fejezet, Robbanóanyagipar (A nehézipari miniszter 3/1971. [V. 25.] NIM számú rendelete).* Budapest, Táncsics, 1972.
- 2/1987. (II. 17.) IpM rendelet a Robbanóanyagipari Biztonsági Szabályzat közzétételéről.
- 27/2022 (I. 31.) SZTFH (Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága) rendelet Az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatról. *Magyar Közlöny*, 2022. január 31. 17. 915–984.
- A Bizottság (EU) 2021/647 felhatalmazáson alapuló irányelve (2021. január 15.) a 2011/65/EU európai parlamenti és tanácsi irányelv III. mellékletének a tudományos és a műszaki fejlődéshez történő hozzáigazítása céljából, egyes ólom- és hat vegyértékű krómvegyületeknek a (szakmai célú) polgári felhasználású robbanóanyagok elektromos és elektronikus gyújtószerkezetében való használatára megadott mentesség tekintetében történő módosításáról. *Európai Unió Hivatalos Honlapja*, 2021. április 20.

## Szabályzatok

- Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához – fordítás.* Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., 1899.
- E.–23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utásai számára.* Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, 1902.

- H.–26. *Technischer Unterricht für die k.u.k. Sappeur-Pionier truppe. Sprengvorschrift.* Wien, Aus der Druckerei des k.u.k. Kriegsministeriums, 1915. (Az utasításnak 1918-as, a jelzettel megegyező tartalmú utánnyomása is fellelhető a könyvtárakban.)
- E–39,b. *Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára – tervezet.* Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, 1915.
- 25.845. eln. 1.-1917. *A harcászattan fejezetei.* Függelék „Az állásépítés” I a. jelzésű részéhez. Állásépítés a Karsztban, magas- és erdős hegységben (A cs. és kir. hadsereg főparancsnokság zu Op. 53.000 számú segédlet fordítása [titkos, nem viendő el a legelső harcvonalba]). Budapest, M. Kir. Honvédelmi Ministerium – Magyar Királyi Állami Nyomda, 1918.
- Az állásharc. II. rész, Az aknaharc. (A cs. és kir. hadsereg főparancsnokság Op. Nr. 53000. számú segédletének fordítása). Budapest, M. Kir. Honvédelmi Minisztérium, 1918.
- F–103. *Utasítás a lövészer, robbanóanyagok, lőporok és gyújtószerkezetek kezelésére, raktárolására és megvizsgálására.* Budapest, Pallas Nyomda, 1924. évi utánnyomás.
- E.–32 (Műsz. okt.) *Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára + Ábrafüzet.* Budapest, M. Kir. Honvédelmi Minisztérium, 1926.
- E.–34 (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I. rész.* Budapest, M. Kir. Honvédelmi Minisztérium, 1928.
- E.–34 (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások II. rész + Mellékletek.* Budapest, M. Kir. Honvédelmi Minisztérium, 1928–1929.
- K záróharc. In U-5. *Utász-, árkász és egyéb műszaki felszerelések.* A. füzet. I. fejezet. Mű. egység-felszerelések felsorolása (Ideiglenes tervezet). Budapest, Attila-nyomda Részvénytársaság, 1939. 47–52.
- Utasítás a Magyar Katonai Szemle szerkesztésére, kiadására és ügykezelésére.* Budapest, Honvéd Vezérkar Főnöke, 1940.
- Műszaki erődharc I. füzet – Kiképzési segédlet.* Budapest, M. Kir. Honvédelmi Minisztérium – Attila-nyomda Részvénytársaság, 1942.
- Segédlet a rohamcsapatok kiképzéséhez* (Bizalmas! Első vonalba nem vihető). M. kir. IV. honv. hdt. pság, 6000 szám, M. I. kik. 1942.
- Robbantási segédlet.* Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1950.
- E–mű.1. *Ideiglenes robbantási utasítás.* Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1950.
- Robbantások.* Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1953.
- Mű/63. *Emlékeztető a biztonsági rendszabályok betartásához.* Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1962.
- Mű/64. *Műszaki munkák szervezésének típustervei.* Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1962.
- Mű/2. *Robbantási utasítás.* Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1965.
- Mű/213. *Robbantási utasítás.* Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1971.
- Mű/243. *Műszaki szakutasítás a nem műszaki alegységek számára.* Budapest, Honvédelmi Minisztérium, 1978.
- Kézikönyv a műszaki alegységek szakkiképzéséhez.* Budapest, MN Műszaki Főnökség, 1984.
- Tankönyv a műszaki-utász alegységek kiképzéséhez.* Budapest, MN Kiképzési Főcsoportfőnökség, 1967.
- Tankönyv az aknakutató-tűzszerész alegységek kiképzéséhez.* Budapest, MN Kiképzési Főcsoportfőnökség, 1984.
- Harckocsi és gyalogság elleni akadályrendszerek anyagainak és eszközeinek, valamint az új típusú műszaki harcanyagok kezelése és karbantartása.* Budapest, Magyar Honvédség Műszaki Technikai Szolgálatfőnökség, 2006.

- 361/119. *Harckocsi és gyalogság elleni akadályrendszerek anyagainak és eszközeinek, valamint az új típusú műszaki harcanyagok kezelése és karbantartása*. Budapest, Magyar Honvédség Műszaki Technikai Szolgálatfőnökség, 2006.
- Mű-224/18. *Nyílászáró robbantási szakutasítás*. Budapest, Honvéd Vezérkar Hadművelési Csoportfőnökség, 2012.
- Military Explosives and Propellants Study Guide*. Dover, Picatinny Arsenal, AMCAS, 1966.
- Military Engineering. Volume II. Field Engineering. Pamphlet No 5. – Minelaying* (1982). United Kingdom, Ministry of Defence.
- Pionierdienst*. Berlin, Deutscher Militärverlag, 1967.
- Shaped Charge Ammunition and Applications of Shaped Charges to Explosive Filled Ordnance*. OP 1720 (Restricted). Washington, Navy Department Bureau of Ordnance, 1947.
- Tactical Aide Memoire 1988*. Royal Engineers Insert to the Tactical Aide Memoire. Prepared under the direction of the Chief of the General Staff. Tactical Doctrine and ARMS Directorate. Army Code No. 71384. Chapter 4 – Demolition.
- Textbook of Military Medicine, Part I. – Warfare, Weaponry and the Casualty Volume 5. Conventional Warfare – Ballistic, Blast, and Burn Injuries*. San Antonio, United States Army Institute for Surgical Research, 1991.

## Szakirodalom

- Ács Tibor: Adalékok a katonai nyelv történetéhez. *Honvédelem*, 33. (1982), 10. 89–99.
- Ács Tibor: *Bolyai János új arca – a hadi mérnök*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 2004.
- A dinamit és a robbanóanyagok. (Névtelen szerző, „Revue de famille” alapján). *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1893), 3. 324–332.
- A dinamitnak egy új alkalmazása. *Ludovica Academia Közlönye*, (1888), 10. 878.
- A fiumei Whitehead-torpedógyár. *Magyar Mérnök*, (1911), 46. 576–580.
- A hadiorvoslás története: így javultak a túlélési esélyek. *HáziPatika*, 2022. március 17. Online: [www.hazipatika.com/napi\\_egeszseg/egeszsegugy/cikkek/a\\_hadiorvoslas\\_tortenete\\_igy\\_javultak\\_a\\_tulelesi\\_eselyek](http://www.hazipatika.com/napi_egeszseg/egeszsegugy/cikkek/a_hadiorvoslas_tortenete_igy_javultak_a_tulelesi_eselyek)
- Aknaháború – Régi fegyver új alkalmazásban. *Népszava*, 1915. február 27. 5.
- A közeli harc a várharcban. *Magyar Katonai Közlöny*, 3. (1910), 1–6. 107. (A *Kriegstechnische Zeitschrift* 8. füzet alapján)
- Alőporslőgyapot. *Hölgyfutár*, (1877), 29. 230–232. (Frecksay János: *Találmányokkönyve–Ismeretek a kézmű- és műipar mezejéről II*. Budapest, Franklin-Társulat, 1877. alapján, 305–311.). Online: [https://library.hungaricana.hu/hu/view/SZTNH\\_Konyvek\\_0037/?pg=351&layout=s](https://library.hungaricana.hu/hu/view/SZTNH_Konyvek_0037/?pg=351&layout=s)
- A Magyar Katonai Írók Köre. *Magyar Katonai Közlöny*, 13. (1925), 497–498.
- A Magyar Katonai Szemle megindítása. *Műszaki Szemle*, 6. (1930), 12. 559–560.
- A mélinite. *Ludovica Academia Közlönye*, (1887), 5. 505–506.
- A mélinite bombák. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1889), 1. 113–114.
- A Műszaki Szemle megszűnése. *Műszaki Szemle*, 6. (1930), 12. 560–561.
- Andor Csaba: *Mértékegységek*. Online: [www.szegedilap.hu/cikkek/proza/andor-csaba—mertek-egysegek.html](http://www.szegedilap.hu/cikkek/proza/andor-csaba—mertek-egysegek.html)
- A robbanási hatások mérgező hatása. *Magyar Katonai Közlöny*, 3. (1910). 333–334.
- A robbanó anyagokról. *Kecskeméti Újság*, 5. (1912. július 16.), 158.
- A robbanó szerek ipara. *Magyar Mérnök*, (1896), 4. 168–173.

- A torpedó. *Háború Krónika*, (1877), 6. 47–48.
- A várharc elmélete és gyakorlata. *Magyar Katonai Közlöny*, 3. (1910), 1–6. 102–103. (Jahrbücher für die deutsche Armee und Marine októberi füzet alapján)
- A várostrom művészete. *Zászlónk*, 1914. november 15. 59–61.
- A vaskapu csatorna megnyitása. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1896). 319–320. (a Vasúti és közlekedési közlöny nyomán)
- Alexander, Caroline: Robbantott elmék – láthatatlan háború az agyban. *National Geographic Magyarország*, 2015. február. 74–95.
- Altóray Szaniszló: Sziklafűrő alakulatok a világháborúban. In Jacobi Ágost (szerk.): *Magyar Műszaki Parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest, Közlekedési Nyomda, 1938. 325–330.
- Andrejev, K. K. – Beljajev, A. F.: *A robbanó anyagok elmélete*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1965.
- Arday Géza: *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése*. Kassa, Szent Erzsébet Nyomda Részvénytársaság, 1910.
- Arson and Explosives Incidents Report – *Vehicle Bomb Explosion Hazard and Evacuation Distance Table*. ATF P 3320.4 (5/99). Washington, DC, Department of the Treasury Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms, Arson and Explosives Programs Division, National Repository Branch, 20226, 1997.
- Az emberi testbe behatolt lövedékeknek delejes úton való kipuhatólása. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1891). 722.
- B. A.: A Zubovics-féle torpedó. *Ludovica Academia Közlönye*, (1883), január. 99–100.
- Bagi Szilárd: Az Osztrák–Magyar Monarchia és a Magyar Honvédség tisztjei a robbantástechnika szolgálatában. *Műszaki Katonai Közlöny*, 10. (2000), 1–4. 88–111.
- Bak József: Washington hadtörténelmi emlékei. *Haditechnika*, 31. (1997), 2. 52–55.
- Balaton Sándor: Műszaki záruk a jelenlegi világháborúban. *Magyar Katonai Szemle*, 14. (1944), 3. 393–417.
- Balás százados: Utásztan. *Ludovica Academia Közlönye*, (1887), 4. 321–322.
- Balla Tibor – Padányi József: Műszaki kiválóságok – Jacobi Ágost Henrik. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29. (2019), 4. 157–162. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2019.4.10>
- Balogh Zsuzsanna: Építészeti tervezés robbantásos cselekmények ellen. *Műszaki Katonai Közlöny*, 18. (2008a), 1–4. 53–60.
- Balogh Zsuzsanna: Épületek robbantásos cselekmények elleni védelmének technikai lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 18. (2008b), 1–4. 61–68.
- Balogh Zsuzsanna: Épületek tartószerkezeteinek terrorista robbantás elleni kialakítása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 19. (2009), 1–4. 105–118.
- Balogh Zsuzsanna: Üveg és robbanás – az építészeti dilemma. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20. (2010), 1–4. 257–272.
- Balogh Zsuzsanna – Hanka László: Bayes-analízis alkalmazása a kockázatelemzésben. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012), különszám. 57–72.
- Balogh Zsuzsanna: Az USA védelmi minisztérium által kiadott, épületek minimálisan kialakítandó terrorizmus elleni védelmének szabványa – egységes létesítményi előírások. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23. (2013a), 2. 47–63.
- Balogh Zsuzsanna: *Objektumok robbantásos cselekmények elleni védelmének lehetőségei*. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, 2013b.

- Bartha Albert: Bajtársak! *Honvéd*, 1. (1946), 1. 1.
- Bartha Endre: A gátromboló légiaknától a bunkertörő superbombáig. *Honvédségi Szemle*, (1992), 6. 128–133.
- Baskai Ernő: A hadviselés festékei. *Technika*, (1943), 7. 470–474.
- Bata István: A Haditechnikai Szemle megindulásához. *Haditechnikai Szemle*, (1956), 5.
- Bellite-kísérletek. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1889), 5. 523.
- Benedek Dénes: Nagyszelvényű robbantólyukak töltetszámitása külfejtésekben. *Bányászati Lapok*, (1961), 11. 755–763.
- Berek Lajos – Terék Tamás: A központi harcanyagraktárak védelme. *Katonai Logisztika*, (2021), 3–4. 46–56. <https://doi.org/10.30583/2021-3-4-046>
- Bethell, Peter: *The Design of Misnay-Schardin Charges*. Report No. A. D. E. 6/52. (Restricted) Fort Halstend, Kent, Armament Design Establishment Ministry of Supply, 1952.
- Bethlen Olivér: Az olvasóhoz. *A Honvéd*, 1. (1867), 1. 1.
- Berkó István: *Egyezer hadtörténelmi apróság*. Budapest, Honvédelem katonai és polgári folyóirat szerkesztősége, 1925.
- Bihar Ferencz: *Utásztan, a m. k. honvédségi Ludovika-Akadémia »szabadságolt állományú tiszt-képző tanfolyama« és a honvéd egyéves önkéntesek számára*. Budapest, Grill, 1887.
- Bimbó István – Rusai-Endrész Aranka: A kézi páncélelhárító fegyverek fejlődése a II. világháború alatt, különös tekintettel a páncéltörő puszkákra. *Katonai Logisztika*, (2016), különszám. 42–87.
- Birkhoff, Garrett – Duncan P. McDougall – Emerson M. Pugh – Geoffrey Taylor: Explosive with Lined Cavities. *Journal of Applied Physics*, 19. (1948), 6. 563–582.. Online: <https://doi.org/10.1063/1.1698173>
- Bocsányi Kálmán: Az erődharc fejlődése. *Magyar Katonai Szemle*, 14. (1944), 3. 327–338.
- Bodócs István: A bombák és lövedékek robbanó anyagai. *Uránia*, (1915), 5. 188–194.
- Bogdánfy Ödön: Aknaharcz. *Természettudományi Közlöny*, 49. (1917), 1–2. 16–22.
- Bogdánfy Ödön: A robbanóanyagok hatásossága. *Természettudományi Közlemények*, (1939), pót-füzet. 135–137.
- Bohus Géza: A magyarországi fűrástechnika és robbantástechnika legfontosabb fejlesztési adatai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 7. (1997), 1. 12–21.
- Bohus Géza: A robbantásos épületbontás biztonsági, gazdasági és környezeti előnyei más bontási eljárásokkal szemben. *Műszaki Katonai Közlöny*, 8. (1998), 3–4. 23–33.
- Bohus Géza – Horváth Zoltán – Papp József: *Ipari robbantástechnika*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1983.
- Bókai Árpád: Gyakorlatilag fontosabb mérgezések – szénéleg. In Hőgyes Endre – Ángyán Béla – Benczúr Dénes – Bókai János: *A belgyógyászat kézikönyve*. 73. kötet. Budapest, Magyar Orvosi Könyvkiadó Vállalat, 1895. 538–937.
- Bonsignore, Ezio: A repülőterek rombolásáról (a Military Technology folyóirat 1984/2. számában megjelent cikk fordítása). *Honvédelem*, 35. (1984), 12. 37–42.
- Bódy Zoltán: Munkára fogott atombombák. *Természettudományi Közlemények*, (1969), 7. 290–294.
- Bród Miksa: Ipari mérgek X. – Pikrinsav. *Iparegészségügy*, 13. (1914a), 4. 3–4.
- Bród Miksa: Ipari mérgek XIII. – Nitroglicerin, nitrobenzol. *Iparegészségügy*, 13. (1914b), 7. 3–4.
- Bród Miksa: Ipari mérgek XXIII. – Szénéleg. *Iparegészségügy*, 13. (1914c), 19–20. 3–4.
- Bruce, J.: Az Astrolite-robbanóanyagok. *Haditechnikai Szemle*, (1970), 1. 31–32. (Az Ordnance 1969. május–júniusi számban megjelent cikk alapján)



- Brunner Mór: *A várharcz. A cs. kir. katona-akadémiák és hadapród-iskolák számára.* Ford. Reviczky Károly. Második, javított kiadás. Budapest, Ráth Mór, 1874.
- Bubnov, P. F.: *Iniciáló robbanó anyagok.* Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1955.
- Burch, Briant T.: *Determining and Mitigating the Effects of Firing a Linear Shaped Charge under Water.* Master Theses. 7305. 2014. Online: [https://scholarsmine.mst.edu/masters\\_theses/7305](https://scholarsmine.mst.edu/masters_theses/7305)
- Buzna Lajos: A magyar katonai műszokról. *Ludovica Academia Közlönye*, (1885. február). 112–117.
- Chiles, James R.: From Bazookas to RPGS. *Invention & Technology*, 2009. április 27. Online: [www.inventionandtech.com/content/bazookas-rpgs-0](http://www.inventionandtech.com/content/bazookas-rpgs-0)
- Crowley, Robert: *1453 – Konstantinápoly utolsó nagy ostroma.* Budapest, Park Kiadó, 2005.
- Czapek Béla: Robbanóanyaggal gyorsított nagy sebességű lövedékek. *Haditechnikai Szemle*, (1967), 2. 46–49.
- Czapek Béla: Új robbanóanyagok az építés szolgálatában. *Haditechnikai Szemle*, (1977), 3. 84–88.
- Czapek Béla: A Misnay–Schardin-effektus és a LÖTAK. *Haditechnika*, (1986), 4. 2–5.
- Czuczor Gergely – Fogarasi János: *A magyar nyelv szótára /Sz/.* Budapest, 1862.
- Csapody Tamás: Nem lehet kitérni a sors elől. *Új Honvédségi Szemle*, (2006), 9. 130–138.
- Csendes átmenet az unióba. *Világgazdaság*, 2002. november 26. Online: [www.vg.hu/kozelet/2002/11/csendes-atmenet-az-unioba](http://www.vg.hu/kozelet/2002/11/csendes-atmenet-az-unioba)
- Cserneczky Béla: A robbantó gyutacsokról. *Műszaki Szemle*, 4. (1928a), 1. 18–26.
- Cserneczky Béla: Robbantások cseppfolyós levegővel. *Műszaki Szemle*, 4. (1928b), 5. 199–211.
- Cserneczky Béla: Robbantási kísérletek cseppfolyós oxigénnel. *Műszaki Szemle*, 6. (1930), 3. 99–102.
- Cserneký (Markovits) Árpád: A műszaki záróharc korszerű követelményei. *Magyar Katonai Szemle*, 9. (1939), 6. 65–71.
- Csikány Tamás: A magyar katonai felsőoktatás első 200 éve – dióhéjban. *Nemzet és Biztonság*, (2008), november. 76–77.
- Csonkaréti Károly: A hajózás története 6. – Fenyegetés a víz alól. *Élet és Tudomány*, 37. (1982), 30. 939–941.
- D. M.: A torpedókról. *Uránia*, 5. (1904), 4. 168–171. (Forrása: Archibald Williams: *The Romance of Modern Invention*. London, Seeley & CO. Limited, 1902.)
- Damó Elemér: Műszaki csapatok a Kárpátokban a II. világháború alatt. *Műszaki Katonai Közöny*, 4. (1994), különszám. 30–53.
- Daruka Norbert: Veszélyes épületszerkezetek robbantásos eljárással történő eltávolításának követelményei, módszerei, biztonsági rendszabályai. *Műszaki Katonai Közöny*, 21. (2011), 1–4. 95–108.
- Daruka Norbert: Bűnös célú robbanószerkezetek alkalmazásának és hatástalanításának sajátosságai. *Műszaki Katonai Közöny*, 22. (2012a), TÁMOP különszám. 26–34.
- Daruka Norbert: Terroristák és taktikák, avagy védekezz, ha tudsz. *Repüléstudományi Közlemények*, 22. (2012b), 2. (Konferencia különszám). 33–41.
- Daruka Norbert: *A bűnös célú/terror jellegű robbantások és az ellenük való védekezés lehetőségei, különös tekintettel a tűzszerész feladatok ellátására.* Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, 2013.
- Daruka Norbert: Robbanótestek I. – Amit a bombákról tudni érdemes. *Műszaki Katonai Közöny*, 24. (2014), 4. 68–82.
- Daruka Norbert: Robbanóanyag-ipari alapanyagok és termékek osztályozásának lehetőségei. *Műszaki Katonai Közöny*, 26. (2016), 1–2. 6–43.



- Demkó Kálmán: *A magyar orvosi rend története*. Budapest, 1894.
- Deres János: *A perforálási hatássóság kísérleti tanulmányozása és a kapott eredmények alkalmazása a nagyhőmérsékletű kutak rétegmegnyitásánál*. Budapest, 1981.
- Dolecskó Ferenc, ifj.: A dynamit robbantószer tulajdonsága és az avval való bánásmód. *Magyar Mérnök*, 15. (1881), 1–6. 396–442.
- Doležel, Ludvig – Jan Zeležný – Lubomir Kroupa: Kisgépek és hajtórobbantások alkalmazása a védelem műszaki berendezése során. Ford. Nemes József. *Műszaki Katonai Közlöny*, 3. (1993), 3. 15–27.
- Domaniczky István: Hadi műnyelvünk egyöntetűségéről. *Ludovica Academia Közlönye*, (1877), április. 295–296.
- Egy torpedó-gyárban. *Háború Krónika*, (1877), 344.
- Ember István: Alternatíva a tűzszerész szakfeladatok során alkalmazható kumulatív töltetekre. *Seregszemle*, 14. (2016), 3–4. 50–63.
- Ember István: Kumulatív töltetek alkalmazási lehetősége tűzszerész szakfeladatok során. In Szelei Ildikó (szerk.): *A hadtudomány és a 21. század – 2022*. Tanulmánykötet. Budapest, Doktoranduszok Országos Szövetsége Hadtudományi Osztály, 2022a. 8–16.
- Ember István: Modern kumulatív töltetek méretezésének lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32. (2022b), 1. 5–15. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.1.1>
- Ember István: Hatásvizsgálati robbantás kumulatív töltetekkel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32. (2022c), 3. 13–23. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.2>
- Ember István: Modern kumulatív töltetek hatékonyságának vizsgálata. *Haditechnika*, 56. (2022d), 6. 15–20. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.6.03>
- Ember István: Célfeladatra készített kumulatív töltetek kialakításának vizsgálata. In Szelei Ildikó (szerk.): *A hadtudomány aktuális kérdései 2022*. Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó (2022e). 13–28.
- Ember István: 3D nyomtató alkalmazási lehetősége egyes speciális robbantási feladatoknál. *Fűrés-Robbantástechnika Nemzetközi Szimpózium Különkiadás 2022*. Budapest, Magyar Robbantástechnikai Egyesület, 2022f. 75–83.
- Ember István – Ádám Balázs: Kumulatív töltetházak 3D nyomtatása. *Hadmérnök*, 17. (2022), 3. 35–44. Online: <https://doi.org/32567/hm.2022.3.2>
- Enyedi György – Dohy János – Glatz Ferenc – Hollán Zsuzsa (szerk.): *Magyar Nagylexikon*. 11. kötet (Kí–Lem). Budapest, Magyar Nagylexikon Kiadó, 2000.
- Erdős József: *Robbantási alapismeretek*. Jegyzet egyetemi hallgatók részére. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Vezetés- és Szervezéstudományi Kar, 1998.
- F. G.: A Whitehead-féle torpedók. *Ludovica Academia Közlönye*, 4. (1877), január. 1–6.
- Ferjentsik Ottó: Az állásharchoz. *Magyar Katonai Közlöny*, 9. (1921), 7–8. 525–534.
- Fiumei torpedók a csuzimai csatában. *Az Újság*, (1905), 159. 8.
- Florence Nightingale a betegek őrangyala. *Nemzeti Újság*, 19. (1937. szeptember 26.), 219. 21.
- Földesi János: A PBS Európa Kft. robbantási tervező szoftverei és robbantógépei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 1. (1991), 1. 29–37.
- Földesi János: Magyarországon tíz éve alkalmazott, polgári felhasználású nem elektromos (NONEL) iniciálási rendszerrel szerzett tapasztalataink. *Műszaki Katonai Közlöny*, 16. (2006), 1–4. 87–104.
- Földesi János: Az Austin Powder Co. E\*-star elektronikusan programozható villamos gyutacsának előnyei a gyakorlatban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20. (2010), 1–4. 197–215.

- Földesi János: A várható rezgési sebesség előzetes becslésének hibája a jelenleg érvényes ÁRBSZ<sup>1232</sup> vonatkozó összefüggése szerint. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26. (2016), 1. 12–25.
- Frecskay János: *Találmányok könyve – Ismeretek a kézmű- és műipar mezejéről II.* Budapest, Franklin-Társulat, 1877.
- Frecskay János: *Mesterségek szótára (ötven iparág leírása és ezek összesített magyar–német és német–magyar szótára).* Budapest, Hornyánszky Viktor cs. és kir. Udvari Könyvnyomdája, 1912.
- Füst nélküli lőpor (balistit). *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1890). 359–360.
- G. I.: A sűrített lőgyapot robbantásokra. *Ludovica Academia Közlönye*, (1881), február. 130.
- Gál Attila: *Armis et litteris – A pécsi m. kir. Zrínyi Miklós honvéd gyalogsági hadapródiskola történetéből 1898–1944.* Budapest, Petit Real, 2001.
- Gánóczi Ferenc: Tapasztalatok a köves talaj robbantásánál I. *Honvédségi Szemle*, (1955a), 10. 71–78.
- Gánóczi Ferenc: Tapasztalatok a köves talaj robbantásánál II. *Honvédségi Szemle*, (1955b), 11. 51–60.
- Gánóczi Ferenc (szerk.): *Tankönyv a műszaki tartalékos tisztek részére.* Budapest, Magyar Honvédelmi Sportszövetség Országos Elnöksége Tartalékos Tiszti Tagozat, 1964.
- Gánóczi Ferenc – Kocsis András: Villamos gyújtásnál alkalmazandó mérő és ellenőrző műszerek használata. *Katonai Szemle*, (1958), 4. 12–22.
- Gellért Tibor: Az új magyar hadsereg aknakutató és tüzszerész alakulatainak tevékenysége. *Hadtörténelmi Közlemények*, 20. (1973), 3. 481–522.
- Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD): *Explosives Weapon Effect – Final Report.* Genf, 2017.
- Gerő Lajos (szerk.): *A Pallas Nagy Lexikona.* Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., 1893–1904.
- Gordon, Arran: *Explosive Applications for Industry and Defense.* Havoc Industries Pty Ltd., 2006. október 19. Online: [www.engineersaustralia.org.au/sites/default/files/resource-files/2017-01/Shaped%20Charges%20for%20Explosive%20Fabrication%20-%20A%20Gordon.pdf](http://www.engineersaustralia.org.au/sites/default/files/resource-files/2017-01/Shaped%20Charges%20for%20Explosive%20Fabrication%20-%20A%20Gordon.pdf)
- Gortvay György: *Munkaegészségtan. II. Ipari mérgek.* Budapest, Magyar Orvosi Könyvkiadó Társulat, 1944.
- Gudmon Mihály: Plasztikus robbanóanyagok. *Honvédségi Szemle*, (1965), 1. 93–97.
- Gumpertz, H. – M. Lebrun: *Traité pratique et théorique des mines.* (Gyakorlati és elméleti értekezés az aknákról) Paris, Levrault, Schoell et Compagnie, 1805.
- H.: Egy körkemencze kéményének lerobbanása. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1898), 12. 1023–1025.
- Hadi Gyakorlat torpedókkal. *Háború Krónika*, (1878), május. 450–451.
- Hadnagy Imre József: A légzőkészülék – azaz Kőszeghi Mártony Károly „életmentő készüléke” – a XIX. század elejének nagy találománya. *Védelem Online*, 2021. szeptember 13. Online: <http://vedelem.hu/letoltes/anyagok/626-a-legzokeszulek-azaz-koszeghi-martony-karoly-eletmento-keszulete-a-xix-szazad-elejenek-nagy-magyar-talalmanya.pdf>
- Hadtörténelmi Közlemények.* Évnegyedes folyóirat a magyar hadi történetírás fejlesztésére. Rónai Horváth Jenő (szerk.). M. T. Akadémia Hadtudományi Bizottsága, 1888.

<sup>1232</sup> Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat.

- Hajdú Ferenc: *A Haditechnikai Intézet történetének és működésének vizsgálata 1920-tól 1990-ig*. PhD-értekezés. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, 2009.
- Hajdú Ferenc: A Haditechnikai Intézet páncélromboló rakétavető fejlesztései az 1950-es években I. rész. *Haditechnika*, 44. (2010a), 5. 20–25.
- Hajdú Ferenc: A Haditechnikai Intézet páncélromboló rakétavető fejlesztései az 1950-es években II. rész. *Haditechnika*, 44. (2010b), 6. 14–18.
- Hajdú Ferenc: Ismeretlen világhírű ezredes. *Élet és Tudomány*, 65. (2010c), 33. 1028–1029.
- Hajdú Ferenc: A Haditechnikai Intézet világhírű ezredese. *Haditechnika*, 45. (2011), 3. 49–50.
- Hajdú Ferenc – Sárhidai Gyula: *A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézettől a HM Technológiai Hivatalig 1920–2005*. Budapest, HM Technológiai Hivatal, 2005.
- Halasi Géza: Hogyan szervezzük meg a lejáratok készítését a komp- és hídátelési pontokhoz, meredek és magas folyópartok esetén. *Katonai Szemle*, (1953), 13–14. 41–51.
- Halassy Géza: Az ország akna- és lőszermentesítése (1945–1980 között). *Honvédelem*, 39. (1988), 11. 102–111.
- Haralyi László (ford.): A robbanóanyagok hatása az emberi szervezetre. *Műszaki Katonai Közlöny*, 4. (1994), 2. 25–28.
- Haraszi Bernolák József: A római XI-dik nemzetközi orvosi kongresszuson szerzett tapasztalatok. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1894), 5. 638–658.
- Hargitai Péter: Terepen használható military PC-k Németországból. *Műszaki Katonai Közlöny*, 6. (1996), 3. 3–7.
- Hatala András: A magyar 44M Buzogánylővedék I. rész. *Haditechnika*, 34. (2000a), 2. 87–89.
- Hatala András: A magyar 44M Buzogánylővedék II. rész. *Haditechnika*, 34. (2000b), 3. 64–67.
- Hatala András: A 43.M TAK harcokosiakna. *Haditechnika*, 44. (2010a), 6. 53–57.
- Hatala András: Páncélatütési próba 44.M buzogánylővedékkal. *Haditechnika*, 44. (2010b), 1. 51–54.
- Hatala András: Üreges töltetek I. rész – Misnay József tevékenysége. *Haditechnika*, 44. (2010c), 2. 72–76.
- Hatala András: Üreges töltetek II. rész – További összefüggések, fejlesztések, kutatások. *Haditechnika*, 44. (2010d), 3. 61–64.
- Hatala András: Üreges töltetek III. rész – A második világháború alatt gyártott magyar üreges töltetek. *Haditechnika*, 44. (2010e), 4. 55–58.
- Hatala András: Üreges töltetek IV. rész – A második világháború alatt gyártott magyar üreges töltetek. *Haditechnika*, 44. (2010f), 5. 63–67.
- Hatala András: A 43.M LŐTAK oldal elleni akna. *Haditechnika*, 45. (2011a), 3. 51–52.
- Hatala András: Misnay József hmtk. alezredes munkássága a 2. világháború alatt – A harcokosi-elhárító aknák fejlesztése I. rész. *Haditechnika*, 45. (2011b), 5. 2–5.
- Hatala András: Misnay József hmtk. alezredes munkássága a 2. világháború alatt – A harcokosi-elhárító aknák fejlesztése II. rész. *Haditechnika*, 45. (2011c), 6. 2–5.
- Hernad, Maria: *Mechanism and Classification of Blasting Injuries*. Brno, International Conference of Military Technologies, 2013.
- Hernád Mária: Robbanóanyagok toxikológiája I. – TNT. *Műszaki Katonai Közlöny*, 17. (2007), 1–4. 191–198.
- Hernád Mária: Robbanóanyagok toxikológiája II. – RDX, PETN. *Műszaki Katonai Közlöny*, 18. (2008), 1–4. 41–52.

- Hernád Mária: A robbanás fizikai hatásai és az előerő védelmének lehetőségei. *Hadmérnök*, 4. (2009a), 3. 80–94.
- Hernád Mária: Robbanóanyagok munkaegészségügyi vonatkozásai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 19. (2009b), 1–4. 139–152.
- Hernád Mária: Az EOD feladatok végrehajtásakor előforduló munkaegészségügyi kockázatok. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20. (2010), 1–4. 309–326.
- Hernád Mária: Repeszérülések jelentősége és megelőzésének lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012), különszám. 73–86.
- Hernád Mária: *A robbanás és a robbanóanyagok emberi szervezetre gyakorolt hatásai és megelőzésének lehetőségei*. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, 2013a.
- Hernád Mária: Ipari robbanóanyagok toxikológiája. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23. (2013b), 2. 105–113.
- Hernád Mária: Hallásvédelem a robbantástechnikában. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24. (2014), 3. 89–104.
- Hernád Mária – Bártfai Beáta: Repülőtereken végrehajtott tűzszerész feladatok egészségügyi biztosítási kérdései. *Repüléstudományi Közlemények*, (2011), különszám (Repüléstudományi Konferencia 2011. Szolnok előadásai).
- Hernád Mária – Kugyela Lóránd: Szén-monoxid mérgezés veszélye a robbantástechnikában. *Műszaki Katonai Közlöny*, 21. (2011), 1–4. 109–124.
- Hickman, Kennedy: First Ironclads: HMS Warrior. *ThoughtCo*, 2017. március 17. Online: [www.thoughtco.com/hms-warrior-2361223](http://www.thoughtco.com/hms-warrior-2361223)
- Hill, Andrew: *Cargo Carrier M548 with Surface Launched Unit Fuel Air Explosive SLUFAE*. The Online Tank Museum, 2019. január 26.
- Hlavács Kornél: Ipari alkalmazottak megbetegedésének és balesetének elhárítására vonatkozó óvórendszabályok – A pikrinsavgyártás. *Iparegészségügy*, 12. (1912a), 7. 4–6.
- Hlavács Kornél: Ipari alkalmazottak megbetegedésének és balesetének elhárítására vonatkozó óvórendszabályok – A trinitrotoluol gyártása. *Iparegészségügy*, 12. (1912b), 14. 5–6.
- Hlavács Kornél: Ipari alkalmazottak megbetegedésének és balesetének elhárítására vonatkozó óvórendszabályok – Az ammóniumnitrát-robbantó anyagok gyártásánál betartandó óvórendszabályok. *Iparegészségügy*, 12. (1912c), 12. 5–7.
- Hlavács Kornél: Ipari alkalmazottak megbetegedésének és balesetének elhárítására vonatkozó óvórendszabályok – Széndioxid (széngőz), generator-, keverék- és vízgáz. *Iparegészségügy*, 13. (1913), 7. 5.
- Hlavács Kornél: A lőkupak- és gyutacsgyárak óvórendszabályai. *Iparegészségügy*, 14. (1914a), 7. 7.; 8. 5–7.; 9. 5.
- Hlavács Kornél: A nitroglicerines robbanóanyagok gyártására vonatkozó új óvórendszabályok. *Iparegészségügy*, 14. (1914b), 5. 7.; 6. 5–7.; 7. 5–6.
- Holst, Leonard – Jan Gireth: Közúti híd robbantó kamráinak keresése a szerkezet megbontás nélküli ellenőrzésének módszerével Tábor városban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 11. (2001), 3–4. 3–12.
- Honvédelmi környezetvédelem*. Képzési szakanyag a környezetvédelmi szakelőadói képzéshez. Budapest, Honvédelmi Minisztérium Infrastrukturális Ügynökség, 2008.

- Horny Ernő: A komáromi 5/5. árkászszázad St. Martinói aknaharca. In Jacobi Ágost (szerk.): *Magyar Műszaki Parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest, Közlekedési Nyomda, 1938. 255–258.
- Horváth János: A magyarországi harcokban alkalmazott kumulatív páncéltörő fegyverek 1944–1945. I. rész. *Haditechnika*, 20. (1986), 2. 32–35.
- Horváth János: A magyarországi harcokban alkalmazott kumulatív páncéltörő fegyverek 1944–1945. II. rész. *Haditechnika*, 22. (1988), 1. 32–36.
- Horváth János: A Lupis–Whitehead torpedó fejlesztése. *Haditechnika*, 23. (1989), 1. 44–46.
- Horváth Jenő: Kisebb hadi vállalatok – Hídelrombolások. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1896), 728–773.
- Hoszpótzky Alajos: Az Alduna szabályozása. *Magyar Mérnök*, (1900), 7–8. 157–186.
- Hubina István – Lukács László: *Kőbányászat robbantással*. Szentendre, Kossuth Lajos Katonai Főiskola, 1980.
- Hunyadi Ferenc – Lukács László – Mueller Othmár: *A robbantások elleni védekezés feladatai*. Budapest, BME Mérnökto vábbképző Intézet, 1993.
- Ilijn, B.: Nagy robbanóhatású lőszerek (Technika i Vooruzsenyie 1986/8. 8–9. cikk alapján – ford. Scharrer János). *Honvédségi Szemle*, (1986), 11. 96–98.
- Ilosvay Lajos: A robbantószerkekről. *Természettudományi Közöny*, (1917), 671–672. 253–273. (a Kir. Magyar Természettudományi Társulat 1917. március 22-i közgyűlés elnöki megnyitó beszéde)
- Ivicsics Ferenc: Vízépítési földmunkák hagyományos és nukleáris robbantással. *Vízügyi Közlemények*, 47. (1965). 584–593.
- Jacobi Ágost: *Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban 1914–1918*. Budapest, Közlekedési Nyomda, 1938.
- Jelen, Johann: *Geballte Ladungen in Erde. Sonderabdruck aus den „Mitteilungen der Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens“*. (Koncentrált töltések a földben. Nyomatás a Mitteilungen der Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens című kiadványból) Wien, Druck-u.Komm.-Vlg. Waldheim-Eberle AG., 1917.
- Juhász József – Szőke István – O. Nagy Gábor – Kovalovszky Miklós (szerk.): *Magyar értelmező kéziszótár I*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 1989.
- Kaljagyin, T.: Fahidak robbantása (Szovjet Katonai Műszaki folyóirat cikk fordítása). *Honvédségi Szemle*, (1956), 2–3. 165–180.
- Kántor Balázs: A „látszat” a fontos. A Vadásztöltény-Gyutacs és Fémáru gyár Rt. feldarabolása és elsorvasztása. *ArchívNet*, 13. (2013), 2. Online: [www.archivnet.hu/gazdasag/a\\_latszat\\_a\\_fontos.\\_a\\_vadasztolteny\\_gyutacs\\_es\\_femarugyar\\_rt.\\_feldarabolasa\\_es\\_elsorvasztasa.html](http://www.archivnet.hu/gazdasag/a_latszat_a_fontos._a_vadasztolteny_gyutacs_es_femarugyar_rt._feldarabolasa_es_elsorvasztasa.html)
- Kántor Rajmund: *Robbanó és hajtóanyagok* (rakéta-előkészítő és indítóberendezés-üzemeltető szakos hallgatók számára). Budapest, MN Zalka Máté Katonai Műszaki Főiskola, Vegyivédelmi Szaktanszék, 1965.
- Kaplan, Veroslav – Jan Gireth: A robbanás személyi állományra gyakorolt hatásai érték-megállapításának időszerű kérdései. Ford. Szabó Sándor. *Műszaki Katonai Közöny*, 10. (2000), 1. 15–20.
- K. B.: A páncéelhárítás korszerű eszköze. *Igaz Szó*, (1962), 24. 66–71.
- Katonai műszak – 6. füzet. A világítás és robbantásszak*. Tansegédlet a honvéd kerületi tiszti iskolák és a honvéd központi lovas iskola tiszti tanfolyama számára. Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, 1913.



- Kazareczki Noémi: Egy világjáró katona utolsó „bevetése” – Zubovits Fedor (1846–1920) kapitány szerepe az I. világháborúban. *Palócföld*, 62. (2016), 2. 72–81.
- Keeping Your Family Safe During a Terrorist Attack. [Safety.com](http://Safety.com), 2018. január 14. Online: [www.safety.com/family-safety-terrorist-attacks/#gref](http://www.safety.com/family-safety-terrorist-attacks/#gref)
- Kelemen Ferenc: Szárazföldi torpedó – a Zubovics-féle 1908M akna. *Haditechnika*, 48. (2014), 3. 66–72.
- Keményfy Zoltán: *Rohamcsapat kiképzés – Segédlet az alosztályparancsnokok számára*. Kézirat. Várpalota, Honvéd Gyalogsági Kiképzőtábor Parancsnokság, 1942.
- Kender Antal: Az átjárónyitók töltetek újabb generációja. *Honvédségi Szemle*, (1981), 6. 77–78.
- Kennedy, Donald R.: *History of the Shaped Charge Effect – The First 100 Years*. Originally Prepared for Presentation at the 100<sup>th</sup> Anniversary of the Discovery of the Shaped Charge Effect By Max Von Foerster, Observed at MBRR Schrobenuhausen, West Germany, 1983. szeptember 20–22.
- Kertész Viktória – Földesi Tamás: *Heavy-ANFO keverő-töltőgép használatának tapasztalatai a COLAS Északkeleti Bányászati Kft. üzemeiben*. Előadás a Magyar Robbantástechnikai Egyesület 13. Fúrás-robbantástechnika Nemzetközi Konferencián, Velence, 2016. szeptember 14–16. Megjelent a konferencia kiadványában CD-n.
- Kis Miklós: A robbantások szeizmikájának problémái. *Műszaki Katonai Közlöny*, 18. (2008), 1–4. 69–102.
- Kis Miklós – Kánnár Tibor: *A dobozi szénhidrogén kút felett álló fűrótorony robbantásos döntése*. Előadás a Magyar Robbantástechnikai Egyesület 13. Fúrás-robbantástechnika Nemzetközi Konferencián, Velence, 2016. szeptember 14–16. Megjelent a konferencia kiadványában CD-n.
- Kísérletek robbanási sérülések megelőzésére (Külföldi katonai hírek rovat). *Honvédségi Szemle*, (1960), 3. 119.
- Kiss Gábor Ferenc: Rohamkiképzés a Magyar Királyi Honvédségben 1938–1941. In Balog Éva – Döbör András – Jancsák Csaba – Kiss Gábor Ferenc – Nyulassy Ágnes – Zakar Péter: *Dixit et salvavi animam meam: Tanulmányok a 65 éves Szegfű László tiszteletére*. Szeged, Belvedere Meridionale, 2007.
- Kobilicz Lajos: A dynamit. *Ludovica Academia Közlönye*, (1875), 466–473.
- Korszerű műszaki csapatok. *Új Magyarország*, 1939. június 18. 13.
- Kovács Áron: Öngyógy sebészet esetén a harctéren. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1892), 520–527.
- Kovács János: A rombolt utak helyreállítása erdős-hegyes terepen. *Honvédelem*, 34. (1983), 8. 37–45.
- Kovács Lajos: A kumulatív töltet. *Lobogó*, (1967), 32. 7.
- Kovács Tibor: Föld és szikla kőzetek robbantása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 3. (1993), 4. 19–33.
- Kovács Zoltán: A kumulatív hatás. *Honvédségi Szemle*, (1962), 6. 99–103.
- Kovács Zoltán: Az oldal elleni aknáknak. *Műszaki Katonai Közlöny*, 11. (2001a), különszám. 36–53.
- Kovács Zoltán: Oldal elleni aknáknak. *Haditechnika*, 35. (2001b), 4. 36–42.
- Kovács Zoltán: NONEL nem elektromos iniciálású katonai gyújtórendszerek. *Műszaki Katonai Közlöny*, 16. (2006), 1–4. 109–117.
- Kovács Zoltán: *Robbanóanyagok a katonai gyakorlatban*. Előadás a Magyar Robbantástechnikai Egyesület „Fúrás-robbantástechnika 2008” Nemzetközi Konferenciáján, Vác, 2008. szeptember 16–18. (megjelent a konferencia kiadványában)



- Kovács Zoltán: Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012a), 2. 37–52.
- Kovács Zoltán: Fontos létesítmények IED elleni védelme. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012b), különszám. 35–44.
- Kovács Zoltán: Katonai objektumok IED elleni védelmének lehetséges technikai megoldásai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23. (2013), 2. 114–121.
- Könyves Tóth Mihály: Az aldunai zuhatagok víz alatti szikláinak robbantása. *Magyar Mérnök*, (1891), 8. 325–341.
- Körömi Miklós: Tisztelt Szerkesztőség. *Magyar Honvéd*, (1990), 1.
- Köszegvári Tibor: Hordozható atom- és más tömegpusztító fegyverek a diverziós felderítő erőknél. *Honvédelem*, 36. (1985), 4. 43–50.
- K-Sz.: Robbantás gyutacs nélkül. *Haditechnikai Szemle*, (1976), 2. 55–56.
- Kugyela Lóránd: Üreges töltetek tervezési sajátosságai, főbb paraméterei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 27. (2017), 4. 196–211.
- Kugyela Lóránd: Kisméretű, öntött robbanóanyagból készült üreges töltetek gyártása kísérleti célból. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28. (2018a), 1. 39–48.
- Kugyela Lóránd: Különböző robbanóanyagból készült kisméretű kumulatív töltetek teljesítményének összehasonlító vizsgálata. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28. (2018b), 3. 280–298.
- Kugyela Lóránd: Robbanóanyag keverő-töltő gépkocsik alkalmazásának előnyei a robbanóanyagok közötti szállításának szemszögéből. *Katonai Logisztika*, (2019), 3. 162–177. Online: <https://doi.org/10.30583/2019/3/162>
- Kugyela Lóránd: A többkomponensű robbanóanyagok múltja, jelene és jövője. *Katonai Logisztika*, (2020), 4. 58–75. Online: <https://doi.org/10.30583/2020.4.058>
- Kulshrestha, S.: Massive Ordnance Air Blast – MOAB – a Perspective. *CASS Journal*, 4. (2017. július–szeptember), 3.
- Lacza János: A katonai és az ipari robbantástechnika egymásra hatása a múltban és a jelenben. *Műszaki Katonai Közlöny*, 10. (2000), 4. 112–137.
- Langhaus: Váratlan robbanások I–V. Ford. Ty. *Műszaki Szemle*, 6. (1930), 5–6. 227–236.; 9. 395–401.; 10. 407–419.; 11. 490–496.; 12. 514–528.
- Leindenfrost Gyula: A torpedó. *Tenger*, 4. (1914), 6. 339–348.
- Léka Gyula: Figyeljünk a vívizárokra. *Honvédelem*, 30. (1979), 2. 29–30.
- Levmore, Shepherd – Robert T. Schimmel: *Technical Report ARLCD-TR-78010 an Evalution of Liquid Explosives for Foxhole Digging*. (ARLCD-TR-78010 műszaki jelentés: Folyékony robbanóanyagok értékelése lövészgödrök készítéséhez). Dover, New Jersey. US Army Armament Research and Development Command, Large Caliber Weapon Systems Laboratory, 1978. április.
- Lippai Péter: Panzerfaust 3. *Haditechnika*, 31. (1997), 3. 30–31.
- Lomborg, Bjørn: A terrorizmus mechanikája – Megéri-e a pénzt a terrorelhárítás? *NATO Tükör*, (2008), 4.
- Lőrincz István: A harckocsi-fegyverzet ma és holnap. *Haditechnika*, 5. (1971), 3. 131–135.
- Lukács László: Robbantás. In *Tankönyv a műszaki hallgatók harcbiztosítói felkészítéséhez*. 2. könyv, I. rész. Szentendre, Kossuth Lajos Katonai Főiskola, 1985. 1–257.
- Lukács László: *Hidak robbantásának tervezése, szervezése, a parancsnoki munka rendje*. Szentendre, Kossuth Lajos Katonai Főiskola, 1986a.

- Lukács László: Számítógépek a robbantási feladatok tervezésében. *Honvédségi Szemle*, (1986b), 8. 50–54.
- Lukács László: Robbantás. In *Tankönyv a 3. éves műszaki hallgatók harcbiztosítói felkészítéséhez*. 3. könyv, III. rész. Szentendre, Kossuth Lajos Katonai Főiskola, 1987a. 145–279.
- Lukács László: *Vasbeton hidak robbantásának tervezése. Számítógépes program*. A Zrínyi Miklós Katonai Akadémia Parancsnokának Nívódíjában részesített TDK-pályamunka, 1987b.
- Lukács László: *Пути повышения эффективности разрушения железобетонных мостов с использованием ЭВМ (A vasbeton hidak rombolása hatékonyságának növelési lehetőségei számítógép alkalmazásával)*. A Szovjetunió Honvédelmi Minisztériuma Műszaki Főnökének dicséret oklevelével díjazott (2. díj) TDK-pályamunka. Moszkva, Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, 1990.
- Lukács László: *A kumulatív hatás és a kumulatív töltetek méretezése*. Budapest, ZMKA Műszaki Tanszék, 1992a.
- Lukács László: Hegyi Ferenc nyugállományú őrnagy – interjú. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2. (1992b), 3. 9–18.
- Lukács László: *Harcászati műszakizár-csomópontok létesítése, fenntartása, aktivizálása. A zászlóalj védőkörlet műszakizár-rendszere*. Budapest, ZMKA Műszaki Tanszék, 1994a.
- Lukács László: Robbantásos merényletek elkövetésének lehetősége Magyarországon. *Hadtudomány*, (1994b), 3. 82–90.
- Lukács László: *A magyar honvédségnél alkalmazott robbantási eljárások és robbanóanyagok legfontosabb részterületei fejlődésének vizsgálata és a továbbfejlesztés javasolt irányai*. Budapest, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, 1995a.
- Lukács László: A MH robbanóanyaggal való ellátottságának helyzete, és egy új robbanóanyag alkalmazásának lehetősége a MH műszaki csapatainál I. *Műszaki Katonai Közlöny*, 5. (1995b), 1–2. 73–108.
- Lukács László: A MH robbanóanyaggal való ellátottságának helyzete, és egy új robbanóanyag alkalmazásának lehetősége a MH műszaki csapatainál II. *Műszaki Katonai Közlöny*, 5. (1995c), 3. 23–46.
- Lukács László: Műszaki zárassal kapcsolatos eszközök, harceszközök és anyagok a C+D '93 és '95 kiállításokon. *Műszaki Katonai Közlöny*, 5. (1995d), különszám, 4–48.
- Lukács László: A kumulatív töltetek kialakulása, hatásmechanizmusuk elmélete. *Műszaki Katonai Közlöny*, 6. (1996a), 3. 8–27.
- Lukács László: A robbanóanyagok történetéről. *Új Honvédségi Szemle*, (1996b), 11. 139–143.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 1. – A robbanás és a robbanóanyagok. *Magyar Honvéd*, (1996c), 15. 24–25.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 2. – A gyutacsok kialakulása. *Magyar Honvéd*, (1996d), 28. 24–25.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 3. – A töltetek villamos gyújtása. *Magyar Honvéd*, (1996e), 36. 20–21.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 4. – Időzített és robbanózsínórok. *Magyar Honvéd*, (1996f), 46. 21–22.
- Lukács László: *A katonai robbantástechnika és a környezetvédelem*. Budapest, ZMNE Hadtudományi Kar Műszaki Harcászati-hadműveleti Tanszék, 1997a.
- Lukács László: A magyar hadseregben alkalmazott robbanóanyagok a századfordulótól napjainkig. *Új Honvédségi Szemle*, (1997b), 5. 113–118.

- Lukács László: Kumulatív töltetek készítésének lehetőségei, méretezésük néhány módszere. *Műszaki Katonai Közlöny*, 7. (1997c), 3. 22–35.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 5. – A (fel) nem robbanó robbanózsínór (NONEL gyújtási rendszer). *Magyar Honvéd*, (1997d), 1–2. 42–43.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 6. – Irányított energia. *Magyar Honvéd*, (1997e), 13. 28–29.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 7. – A robbanás irányított hatásának katonai alkalmazása. *Magyar Honvéd*, (1997f), 28. 28–29.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 8. – Speciális kumulatív töltetek. *Magyar Honvéd*, (1997g), 30. 32–33.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 9. – Műtrágya, mint robbanóanyag? *Magyar Honvéd*, (1997h), 45. 32–33.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 10. – Előnyök és hátrányok (Az ipari robbanóanyagok katonai alkalmazhatóságának vizsgálata). *Magyar Honvéd*, (1997i), 50. 42–43.
- Lukács László: Aknahelyzet Horvátországban és Bosznia-Hercegovinában. *Új Honvédségi Szemle*, (1999) 1. 37–49.
- Lukács László: Javaslat a műszaki harcanyagok és harceszközök fejlesztésének irányaira – tanulmány az MH MŰTSZF szolgálat főnök részére. Bedolgozva az MH Szárazföldi Vezérkar vezérkari főnökének készített, *Jelentés a műszaki harcanyagok helyzetéről – az MH Összhaderőnemi Logisztikai Parancsnokság parancsnokának előterjesztése a Honvéd Vezérkar számára*, *Nyt. szám: 1402/2001* című anyagba. 2001a. 9–11.; 13.
- Lukács László: In Memoriam dr. Mueller Othmár. *Műszaki Katonai Közlöny*, 12. (2002), 3–4. 103–108.
- Lukács László: *A robbanás irányított hatása: a Munroe-effektus és Misnai–Schardin-effektus a katonai gyakorlatban*. Előadás a Haditechnika 2004. Nemzetközi Szimpóziumon (ZMNE BJKMFK, 2004. április 19–20., Budapest), a prezentációval együtt megjelent a konferencia kiadványában (CD-n).
- Lukács László: A legszerényebb legnagyobb – Papp Józsefre emlékezve. *Műszaki Katonai Közlöny*, 15. (2005), 1–4. 161–164.
- Lukács László: A Magyar Honvédségnél rendszeresített NONEL gyújtási rendszer alkalmazása, különös tekintettel a környezetkímélő robbantásokra. *Műszaki Katonai Közlöny*, 16. (2006a), 1–4. 119–133.
- Lukács László: A Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Központi Könyvtár, Dr. Mueller Othmár Robbantástechnikai Különgyűjteménye. *Műszaki Katonai Közlöny*, 16. (2006b), 135–142.
- Lukács László: A robbanóanyag fogalma, a robbanóanyagok felosztása a Magyar Honvédségben. *Műszaki Katonai Közlöny*, 18. (2008a), 1–4. 25–38.
- Lukács László: A robbanóanyagok kialakulásának rövid története. *Műszaki Katonai Közlöny*, 18. (2008b), 1–4. 15–24.
- Lukács László: A kumulatív töltetek és gyakorlati alkalmazásuk. *Műszaki Katonai Közlöny*, 10. (2010), 1–4. 175–198.
- Lukács László: A polgári repülés robbantásos fenyegetettsége (előadás a „Repüléstudományi Konferencia 2011” konferencián). *Repüléstudományi Közlemények*, 23. (2011), 2. Online: [www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2011\\_cikkek/Lukacs\\_Laszlo.pdf](http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2011_cikkek/Lukacs_Laszlo.pdf)

- Lukács László: Bombafenyegetés – a robbanóanyagok története. *Repüléstudományi Közlemények*, 24. (2012a), 2. 409–430.
- Lukács László: Épületek elleni robbantásos cselekmények és jellemzőik. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012b), különszám. 4–13.
- Lukács László: Tégla, kő, beton és vasbeton szerkezeti elemek robbantási szabályainak fejlődése, a honi katonai robbantás technikában. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012c), 1. 55–84.
- Lukács László: Bombafenyegetés – robbantószerkek a honi katonai robbantástechnikában. *Repüléstudományi Közlemények*, 25. (2013a), 2. 123–143.
- Lukács László: Búcsúzó. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23. (2013b), 1. 3–5.
- Lukács László: *TÁMOP–4.2.1.B–11/2/KMR–2011–0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások című kétéves projekt (2012–2013) Építmények védelme, megerősítése robbantásos cselekmények ellen című kiemelt kutatási terület zárójelentése és indikátor igazolása*. 2013c.
- Lukács László: A honi katonai robbantástechnika az I. világháborúban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24. (2014a), 2. 49–80.
- Lukács László: Építmények robbantásos cselekmények elleni védelme. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24. (2014b), 3. 65–74.
- Lukács László: A hidak robbantási szabályainak és módszereinek fejlődése a honi katonai robbantástechnikában. *Műszaki Katonai Közlöny*, 25. (2015a), 1. 39–66.
- Lukács László: Környezetkímélő katonai robbantások alkalmazása a Magyar Honvédségnél. *Műszaki Katonai Közlöny*, 25. (2015b), 2. 22–83.
- Lukács László: Szemelvények a földrobbantás elméletének és gyakorlatának fejlődéséből. *Műszaki Katonai Közlöny*, 27. (2017a), 1. 25–46.
- Lukács László: *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből – Különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásaira*. Budapest, Dialóg Campus Kiadó, 2017b.
- Lukács László: A Műszaki Katonai Közlöny XXX. évfolyamának köszöntése. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30. (2020a), 2. 5–10.
- Lukács László: Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban 1945–1990 között. I. rész – Robbanóanyagok és iniciálásuk. *Katonai Logisztika*, (2020b), 3. 241–277. Online: <https://doi.org/10.30583/2020.3.241>
- Lukács László: *A műszaki tisztképzés múltja, jelene és várható jövője az oktatás és a tudományos kutatás tükrében*. In Földi László (szerk.): *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből I*. Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó, 2021. 53–80.
- Lukács László: *Szemelvények a hazai katonai robbantástechnika és a föld alatti aknaharc fejlődéstörténetéből*. Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó, 2023.
- Lukács László – Balogh Zsuzsanna: Bombatámadás az USA nagykövetség ellen – Nairobi, 1998. augusztus 7. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23. (2013), 2. 159–178.
- Lukács László – Balogh Zsuzsanna: Turisztikai létesítmények, események robbantásos fenyegetettsége. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28. (2018), 2. 238–251.
- Lukács László – Balogh Zsuzsanna: A kritikus infrastruktúra létesítményeinek robbantásos cselekmények elleni védelméről. *Honvédségi Szemle*, (2019), 3. 85–102.
- Lukács László – Balogh Zsuzsanna: Szállodai létesítmények robbantások elleni védelmének lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 31. (2021), 4. 21–34. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2021.4.2>

- Lukács László – Kovács Zoltán: Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban 1945–1990 között. III. rész – Jégvédekezési robbantások. *Katonai Logisztika*, (2021), 1–2 291–340. Online: <https://doi.org/10.30583/2021-1-2-291>
- Lukács László – Mueller Othmár: *Házilagós készítésű robbantószerkezetek*. Budapest, ORFK Országos Oktatási Központ, 1994.
- Lukács László – Rácz Pál (szerk.): *Nagyenergiájú fémmegmunkálás*. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2013.
- Lukács László – Szalay András: Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban 1945–1990 között. II. rész – Robbantásos fémmegmunkálás. *Katonai Logisztika*, (2020), 4. 194–242. Online: <https://doi.org/10.30538/2020.4194>
- Lukács László – Tóth Rudolf – Kovács Zoltán: Rombolt repülőterek helyreállításának műszaki feladatai. *Repüléstudományi Közlemények*, 29. (2017), 3. 217–232.
- Lukács László – Tóth Rudolf: Robbantóanyagok a hazai katonai szakfolyóiratokban 1875–1945. *Katonai Logisztika*, (2018), 3–4. 273–300. Online: <https://doi.org/10.30583/2018/3-4/273>
- Lurje, A. J.: *A töltetek villamos gyűjtása*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1964.
- Mádai Lajos: A villamos akna-gyújtó. *Vállalkozók és Iparosok Lapja*, 1910. december 24. 10.
- Mahan, Dennis Hart: *An Elementary Course of Military Engineering. Part I. Compressing Field Fortification, Military Mining and Siege Operations*. (A haditechnika elemi tanfolyama. I. rész: Tereperődítés, földalatti aknaharc és ostromműveletek). New York, John Wiley&Sons, 1867.
- Makra Zsigmond: Békés célú atomrobbantások. *Természettudományi Közlemények*, (1986), 5. 232–233.
- Markó Árpád: Adalékok a magyar katonai nyelv fejlődéstörténetéhez. IV-ik közlemény, III. fejezet. *Hadtörténelmi Közlemények*, 6. (1959), 2. 295–317.
- Markó Árpád: Adalékok a magyar katonai nyelv fejlődéstörténetéhez. V-ik közlemény, IV. fejezet. *Hadtörténelmi Közlemények*, 7. (1960), 2. 169–181.
- Markó Árpád: Adalékok a magyar katonai nyelv fejlődéstörténetéhez. VII-ik közlemény, VI. fejezet. *Hadtörténelmi Közlemények*, 8. (1961), 2. 730–766.
- Maróthy Géza: A trotil. *Magyar Katonai Szemle*, (1943a), 7. 142–151
- Maróthy Géza: Nitropenta és hexogén. *Magyar Katonai Szemle*, 13. (1943b), 10. 162–171.
- Maróthy Géza: Robbanóanyagok kezdőgyűjtása. *Magyar Katonai Szemle*, 14. (1944), 3. 602–612.
- Maróthy Géza: A villamosgyűjtés és villamosgyűjtőink. *Bányászati Lapok*, 90. (1957a), 6. 297–307.
- Maróthy Géza: *Robbantóanyagok és robbantástechnika. I. rész – Robbantó anyagok*. Sopron–Budapest, Műszaki Egyetemi Karok – Bányamérnöki Kar, 1957b.
- Maróthy Géza: 100 éves a bányagyutacs. *Bányászati Lapok*, 100. (1967), 12. 793–802.
- Maróthy Géza – Bárány István – Falkai Béla: *Robbanóanyagok I. Általános és katonai robbanóanyagok*. Budapest, Haditechnikai Intézet, Műszaki Egyetemek és Főiskolák Hadmérnöki Tagozatainak Parancsnoksága, 1950.
- Maróthy Géza – Falkai Béla: *Robbanóanyagok II. Ipari robbanóanyagok, löporgyártási alap- és segédanyagok, pirotechnika*. Budapest, Haditechnikai Intézet, Műszaki Egyetemek és Főiskolák Hadmérnöki Tagozatainak Parancsnoksága, 1951.
- Maróti Egon: Historia est magistra vitae. *Belvedere Meridionale*, 20. (2008), 1–2. 92–94.



- McLemore, R. H.: Casing Perforating With Shaped Explosive Charges. *The Oil and Gas Journal*, 45. (1946), december 28. 268–271.
- Merari, Ariel – Ilan Diamant – Arie Bibi – Yoav Broshi – Giora Zakin: Personality Characteristics of „Self Martyrs”, „Suicide Bombers” and organizers of Suicide Attacks. *Terrorism and Political Violence*, 22. (2010), 1. 87–101. Online: [www.scribd.com/doc/46767174/Terrorism-and-Political-Violence](http://www.scribd.com/doc/46767174/Terrorism-and-Political-Violence)
- Mercur, James: *Attack of Fortified Places – Siege-Works, Mining and Demolitions*. Prepared for the use of the Cadets of the United States Military Academy. New York, John Wiley & Sons, 1894.
- Mikes László: Felszíni hatás nélküli (zárt) akna képlete. *Magyar Katonai Szemle*, 8. (1938), 2. 167–175.
- Miklós Zoltán: A Ludovika Akadémia tananyaga. *Iskolakultúra*, 14. (2004), 6–7. 47–69.
- Mikroszekundum késleltetésű elektromos gyutacs* – 156108 számú szabadalmi leírás, 1967. október 16.
- Military Engineering. II. kötet. Field Engineering, Pamphlet, 4. Demolitions*. Army Code No. 712771 (Pam 4). Ministry of Defence, UK, 1988.
- Molnár László: Implóziós robbantás I. *Magyar Kémikusok Lapja*, 39. (1984a), 6. 259–262.
- Molnár László: Implóziós robbantás II. *Magyar Kémikusok Lapja*, 39. (1984b), 7. 321–325.
- Molnár László: Implóziós robbantás III. *Magyar Kémikusok Lapja*, 39. (1984c), 8. 354–359.
- Molnár László: Implóziós robbantás IV. *Magyar Kémikusok Lapja*, 39. (1984d), 11. 488–491.
- Molnár László: Implóziós robbantás. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2. (1992), 3. 49–60.
- Molnár László: Az MM TAMMONIT megnevezésű robbanóanyag és robbantótöltet család bemutatása a Mechanikai Művek Rt. Speciális Divízió fejlesztési tevékenységének keretei között. *Műszaki Katonai Közlöny*, 6. (1996), 4. 20–33.
- Molnár László: Olajbányászati és védelmi célú kumulatív robbantóeszközök bemutatása, a Mechanikai Művek Rt. Speciális divízió fejlesztési tevékenységének keretei között. *Műszaki Katonai Közlöny*, 7. (1997), 4. 29–42.
- Molnár László: Növelt hatású MM-BOOSTER megnevezésű robbantótöltet-család bemutatása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 8. (1998), 1. 28–43.
- Mueller Othmár: Kábeltöltetes föld- és alapozási robbantások. *Magyar Építőipar*, 11. (1962), 2. 101–105.
- Mueller Othmár: Épületrobbantások. *Természettudományi Közlemények*, (1965a), 4. 158–161.
- Mueller Othmár: *Korszerű épületbontás*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1965b.
- Mueller Othmár: A földrobbantás néhány új módszere. *Haditechnika*, 3. (1969a), 2. 44–47.
- Mueller Othmár: A tömeges föld- és sziklarobbantások különleges módszerei. *Haditechnika*, 3. (1969b), 4. 125–128.
- Mueller Othmár: A korszerű robbantási munkák gyújtás-indítási eszközei. *Haditechnikai Szemle*, (1970a), 2. 49–53.
- Mueller Othmár: A villamos robbantás néhány problémája. *Elektrotechnika*, 63. (1970b), 1–3. 58–67.
- Mueller Othmár: Különleges ipari robbanóanyagok és robbanószerkezetek harcászati alkalmazása. *Honvédségi Szemle*, (1970c), 12. 50–54.
- Mueller Othmár: Vasbeton-robbantások. *Haditechnika*, 5. (1971), 3. 86–89.
- Mueller Othmár: A főtás szerepe a robbantási műveletekben. *Haditechnika*, 6. (1972a), 2. 58–60.
- Mueller Othmár: Új irányok a robbantótöltetek méretezésében. *Haditechnika*, 6. (1972b), 1. 5–7.



- Mueller Othmár: Villamos gyújtású robbantások biztonságos kivitelezésének irányelvei erős-áramú létesítmények közelében. *Elektrotechnika*, 67. (1974), 3. 124–129.
- Mueller Othmár: *A világ robbantástechnikai és ipari robbantóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1982*. I. kötet, 5., átdolgozott kiadás. Budapest, Építőipari Tudományos Egyesület Robbantástechnikai szakbizottsága és az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet közös kiadványa, 1982.
- Mueller Othmár: *A világ robbantástechnikai és ipari robbantóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1983*. I. kötet, 5., átdolgozott kiadás. Az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet 1983/1. sz. közleménye. Budapest, 1983. 1–95.
- Mueller Othmár: *A világ robbantástechnikai és ipari robbantóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1983*. II. kötet, 5., átdolgozott kiadás. Az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet 1984/2. sz. közleménye. Budapest, 1984a. 96–209.
- Mueller Othmár: *A világ robbantástechnikai és ipari robbantóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1983*. III. kötet, 5. átdolgozott kiadás. Az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet 1984/10. sz. közleménye. Budapest, 1984b. 210–335.
- Mueller Othmár: A hazai bányászaton kívüli robbantástechnika főbb történeti adatai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 11. (2001), 3–4. 86–88.
- Munkatervünk. *Magyar Katonai Közlöny*, (1908), 1. 1–5.
- Munroe, Charles Edward: Modern Explosives. *Scribner's Magazine*, 3. (1888), 563–576.
- Muszka M. József: A 44.M Buzogányvető és alkalmazása. *Haditechnika*, 22. (1988), 2. 34–37.
- Müller Hugó: Az újabb robbanó anyagok. *Ludovica Academia Közlönye*, (1888), 6–7. 556–564.
- Müller Hugó: Füst nélkül robbanó lőkészítmények fejlődése és jövője. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1890), 12. 937–948.
- Nagy Andor: *A Monte San Michele-i aknaharcok*. In Jacobi Ágost (szerk.): *Magyar Műszaki Parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest, Közlekedési Nyomda, 1938. 308–311.
- Nagy Gábor: Központosított aknák hatásának számítása tölcserképzés esetében és az aknaharcban I. *Műszaki Szemle*, 3. (1927a) 1. 14–20. (forrásmunka: Johann Jelen: *Geballte Ladungen in Erde*. Techn. Mitteilungen, 1917.)
- Nagy Gábor: Központosított aknák hatásának számítása tölcserképzés esetében és az aknaharcban II. *Műszaki Szemle*, 3. (1927b), 2. 51–59.
- Nagy Gábor: Központosított aknák hatásának számítása tölcserképzés esetében és az aknaharcban III. *Műszaki Szemle*, 3. (1927c), 3. 99–107.
- Nagy Gábor: A gyutacsérzéketlen és gyutacsérzékeny MM-TAMMONIT robbanóanyag ismertetése. *Robbantástechnika*, (1998), 19. 18–20.
- Nemes József: Egy robbantási feladat tapasztalatai. *Honvédségi Szemle*, (1982), 3. 18–21.
- Nemes József: Kísérleti robbantások összefoglaló tapasztalatai 1996–1997. *Műszaki Katonai Közlöny*, 7. (1997), 4. 11–19.
- Nemes József: Épületbontás robbantással. *Műszaki Katonai Közlöny*, 12. (2002), 1–2. 83–87.
- Nemes József: Egy elfelejtett robbantás-előkészítési geodéziai eljárás, kőbányászati robbantások során. *Műszaki Katonai Közlöny*, 14. (2004), 1–4. 127–136.
- Nemes József: NONEL iniciálási rendszer katonai gyakorlatban történő bevezetésének és alkalmazásának előzményei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 16. (2006), 1–4. 105–108.
- Németország. Új robbanó utasítás. *Magyar Katonai Közlöny*, 4. (1911), 6. 544–545.
- Németh Endre: A torpedó – magyar találmány. *Tolnai Világlapja*, (1939), 19. 28–29.
- Németh Ervin: Erődítés köves, sziklás terepen. *Honvédségi Szemle*, (1983), 10. 10–13.

- Nobel szabadalmazott füst nélküli löveg-lőpora. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1890), 432–433.
- Nyílas János: Nobel Alfréd találmányai. *Természettudományi Közlöny*, (1959), 11. 512–514.
- Nyújtott töltetek. *Haditechnika*, 12. (1978), 2. 66–67. (A Zarbezsnje Vojennoje Obozrenie [1974], 9. cikke alapján).
- Olvasóinkhoz. *Katonai Szemle*, 1. (1952), 1. 1.
- Olvasóinkhoz! *Műszaki Szemle*, 1. (1925), 1–2. 1–3.
- Orvosi kézi-könyv tisztek számára. *Ludovica Academia Közlönye*, (1876), szeptember. 757–758.
- Outlines of a Course of Lectures on Fortification, Military Tactics, and Perspective; with Attack and Defence of Fortresses, for Use of the Students in the Royal Military College*. Sandhurst, 1852.
- Padányi József: Aknahelyzet a délszláv térségben. *Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények*, 6. (2002), 3. 86–102.
- Padányi József: Az Osztrák–Magyar Monarchia egyik utolsó hídja. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28. (2018), 1. 353–361.
- Pados Pál: Lady a lámpával – Florence Nightingale, az ápolónők védszentje. *Képes Vasárnap* (Pesti Hírlap képes melléklete), 1943. április 6. 14. 214–215.
- Pakot Péter – Hegyi Ferenc: *Robbantás*. Szentendre, Magyar Néphadsereg – Kossuth Lajos Katonai Főiskola, 1976.
- Papp József: A robbanóanyagok iniciálása folyadéklézerrel. *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat*, 107. (1974), 9. 623–629.
- Papp József: Robbanási folyamatok optikai vizsgálata. *Bányászati Lapok*, (1987), 3. 169–173.
- Papp József: A robbanóanyagok iniciálása folyadéklézerrel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 15. (2005), 1–4. 165–186.
- Patvaros József: A robbantástechnika fejlődésének vázlatos története. *Műszaki Katonai Közlöny*, 5. (1995), 4. 32–46.
- Pető Gábor Pál: Földmunkák – atomrobbantással? *Haditechnika*, 6. (1972), 2. 65–69.
- Pető Richárd: *Objektumok védelmének eszközei és lehetőségei a bűnös célú/terror jellegű robbantásokkal szemben*. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, 2017.
- Poljakov, I. – V. Iljenko: Zagrazsgyenyija na avtomobilnüh dorough I–II. (Obstacles in the roads – Autóutak műszaki zárai – ford. Lukács L.). *Zarubezsnoje Vojennoje Obozrenyije*, (1990), 2. 86–87.
- Rádi András: Többmezős vas- és vasbeton hidak robbantása. *Honvédségi Szemle*, (1962), 2. 28–34.
- Révész Géza: A Honvédségi Szemlének. *Honvédségi Szemle*, (1960), 1. 3.
- Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok – a Haditechnikai tájékoztató sorozat 17. közleménye (m. kir. Haditechnikai Intézet közleménye). *Magyar Katonai Szemle*, 2. (1932), 6. 123–134.
- Robbantástechnikai terminológia*. A robbantástechnika időszerű kérdései, 5. füzet. Budapest, OMBKE Robbantástechnikai Szakbizottság, 1980.
- Román Zsolt: A robbantásos merényletek elleni védekezés során felmerülő kérdések, számítási módszerek és alkalmazásuk – a problémakör múltja és jelene. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20. (2010), 1–4. 273–308.
- Román Zsolt: *Robbantásos cselekmények elemzése, ellenük való védekezés és annak építményvédelmi vonatkozásai*. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, 2015.

- Román Zsolt – Kovács Ferenc: Épületek robbantás elleni védelmének szabályozási kérdései. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26. (2016), 3. 93–104.
- Román Zsolt – Nagy Róbert: Áramlástani megközelítés alkalmazása a robbantások elleni védekezésben. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012), különszám. 45–56.
- Rotter Lajos: Magyar repülők! *Repülés*, 1. (1947), 1. 1–2.
- Rozsnyói Péter: *A vízkár-elhárítási robbantások hatásai – A védelmi művek és a környezet károsodásának megelőzése. III. kötet – Árvízvédelem, belvízvédelem*. Pécs, Magyar Hidrológiai Társaság II. Országos Vándorgyűlés, 1981. július 1–2. 170–172.
- Rögtönzött robbanóeszközök elleni tevékenység (C-IED) alapismeret*. Budapest, Magyar Honvédség Művelési Központ, 2010.
- Rupčić György: Részletek a Vaskapu szabályozásáról. *Magyar Mérnök*, (1897), 7. 289–306.
- Ržiha, Eduard: *Die Theorie der Minen basirt auf die Wellenbewegung in concentrischen Kugelschichten*. (Az aknák elmélete a hullámok mozgásán alapul gömbök koncentrikus rétegeiben). Lemberg, magánkiadás, 1866.
- S. P.: A páncélelhárítás legkorszerűbb lövedékei. *Lobogó*, (1960), 43. 328.
- Sajtos Gábor – Stefáncsik Ferenc: Épülettípusok jellemzői és rombolhatóságuk. *Honvédségi Szemle*, (1984), 7. 11–13.
- Sámi Lajos: A torpedók az újabb kor háborúiban. *Vasárnapi Újság*, (1877), 26. 403–407.
- Sándy Gyula: A kéménydöntésről. *Építő Ipar*, (1906), 20. 191–192.
- Sárhidai Gyula: 44.M Buzogányvető páncéltörő rakéta. *Haditechnika*, 34. (2000), 4. 69–71.
- Sárhidai Gyula: A 44M Lidérc és a 44M Buzogányvető rakéta haditechnikai elsőségei. *Haditechnika*, 35. (2001), 4. 83–86.
- Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Budapest, Pallas Rt., 1903.
- Schaffer Antal: Jégrobbantó munkálatok. *Magyar Mérnök és Építész-Egylet Közlönye*, 41. (1907), 11–12. 307–332.
- Scheich László: A löpőnek gyártása. *Ludovica Academia Közlönye*, (1888), 10. 772–781.
- Schmidt László: Harckocsik elleni, német mágneses kumulatív akna a második világháborúban. *Haditechnika*, 35. (2001), 4. 92–94.
- Schmoll Endre: *Haditechnikai ismeretek*. II. kötet. Budapest, magánkiadás, 1930.
- Schmoll Endre: Repülőkkal (légi úton) szállított romboló osztagok. *Magyar Katonai Szemle*, 1. (1931), 12. 161–170.
- Schneck, William C.: The Origins of Military Mines. Part II. *Engineer*, 28. (1998. november), PB 5-98-4. 44–50.
- Schultheisz Emil: Institutum Medico-Chirurgicum Josephinum. *Orvosi Hetilap*, (1969), 14. 798–800.
- Schwertner Antal – Erős Béla: Az 1/6. komáromi árkászszázad története. A Passubio felrobbantása. In Jacobi Ágost: *A Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban 1914–1918*. Budapest, Közlekedési Nyomda, 1938. 270–276.
- Schwitzer, Yoram – Aviad Mendelboim – Yotam Rosner: Suicide Attacks in 2016: The Highest Number of Fatalities. *INSS Insight*, 2017. január 5. 887. Online: [www.inss.org.il/publication/suicide-attacks-2016-highest-number-fatalities/](http://www.inss.org.il/publication/suicide-attacks-2016-highest-number-fatalities/)
- Serényi Pál: Robbanáshullám által okozott mellkasi sérülések. *Honvéddorvos*, 4. (1952), 3–4. 291–295.
- Sidlovskij, A. A.: *A pirotechnika alapjai*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1965.
- Simon Sándor: Beköszöntő. *Hadtudomány*, (1991), 1. 3–4.

- Smith, Malcolm J. – Julian J. Lee: *Ship-Like Target Design for Underwater Explosion Experiments*. Defence Research and Development Canada, Scientific Report DRDC-RDDC-2017-R096, 2017. szeptember. Online: [https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc284/p805694\\_A1b.pdf](https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc284/p805694_A1b.pdf)
- Speidl Bódog: A Nobel-féle dynamit és annak alkalmazása a repesztés technikájának legújabb állása szerint I. *Gazdasági Mérnök*, (1877a), 1. 104–110.
- Speidl Bódog: A Nobel-féle dynamit és annak alkalmazása a repesztés technikájának legújabb állása szerint II. *Gazdasági Mérnök*, (1877b), 2. 114–120.
- Speidl Bódog: A Nobel-féle dynamit és annak alkalmazása a repesztés technikájának legújabb állása szerint III. *Gazdasági Mérnök*, (1877c), 3. 127–131.
- Speidl Bódog: A Nobel-féle dynamit és annak alkalmazása a repesztés technikájának legújabb állása szerint IV. *Gazdasági Mérnök*, (1877d), 4. 139–144.
- Stettbacher, Alfred: A robbanószerszakma 1924-től 1928-ig. I. Ford. Ty. *Műszaki Szemle*, 5. (1929a), 6–8. 333–336.
- Stettbacher, Alfred: A robbanószerszakma 1924-től 1928-ig. II. Ford. Ty. *Műszaki Szemle*, 5. (1929b), 9–10. 433–436.
- Stettbacher, Alfred: A robbanószerszakma 1924-től 1928-ig. III. Ford. Ty. *Műszaki Szemle*, 5. (1929c), 11–12. 514–517.
- Stettbacher, Alfred: A robbanószerszakma 1924-től 1928-ig. IV. Ford. Ty. *Műszaki Szemle*, 6. (1930a), 2. 82–88.
- Stettbacher, Alfred: A robbanószerszakma 1924-től 1928-ig. V. Ford. Ty. *Műszaki Szemle*, 6. (1930b), 5–6. 210–225.
- Suri Csilla: Robbanásos sérülések a maxillofaciális régióban. *Honvéddorvos*, 59. (2007), 1–2. 64–70.
- Susánszki Zoltán (ford.): A robbanás emberre gyakorolt hatása I. *Műszaki Katonai Közlöny*, 3. (1993), 4. 3–18.
- Susánszki Zoltán (ford.): A robbanás emberre gyakorolt hatásai II. *Műszaki Katonai Közlöny*, 4. (1994a), 1. 19–28.
- Susánszki Zoltán (ford.): A robbanás emberre gyakorolt hatásai III. *Műszaki Katonai Közlöny*, 4. (1994b), 2. 3–24.
- Susánszki Zoltán: *Zárt robbantóterek nyomásviszonyainak számítógépes meghatározása*. Előadás az Építéstudomány Egyesület, Robbantástechnikai Szakbizottsága által szervezett 8. Nemzetközi Robbantástechnikai Kollokviumon, Budapest, 1999. Megjelent a konferencia kiadványában.
- Sümege Mihály: Emlékezés az 1954. és 1965. év dunai árvizeire. *Hidrológiai Közlöny*, 83. (2003), 1. 43–50.
- Sz. Gy.: Tüzelőanyag-levegő robbanóanyagok. *Haditechnikai Szemle*, (1975), 4. 129–130.
- Sz. L.: Szénoxymérgezés. *Műszaki Szemle*, 1. (1925), 29.
- Szabó István: Az Al-dunát szabályozó munkálatok. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1893), 11. 943–950.
- Szabó István: Köszöntő. *Lobogó*, 1. (1959), 4. 3.
- Szabó Sándor – Tóth Rudolf: Építmények robbantásos cselekmények elleni védelmének növelési lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012), különszám. 14–25.
- Szak Andrea – Druzsinszki József – Szivák Petra – Ott István: A magyar katonai folyóiratok történeti áttekintése I. rész. *Katonai Logisztika*, (2019), 1–2. 279–302.
- Szak Andrea – Druzsinszki József – Szivák Petra: A magyar katonai folyóiratok történeti áttekintése II. rész. *Katonai Logisztika*, (2019), 4. 248–269. Online: <https://doi.org/10.30583/2019/4/248>

- Szalamahin, T. M.: *Osznovi modelirovanija i bojevaja effektivnoszt zarjadov razrusenija*. I. rész. Moszkva, Kujbisev Katonai Műszaki Akadémia, 1984.
- Szalber Lajos: Robbanóanyagok detonációjának sebességmérése. *Műszaki Szemle*, 3. (1927), 12. 583–588.
- Szarvas Beáta: Építmények vízzel töltött robbantásos bontásának előnyei. *Katonai Logisztika*, (2020), 3. 149–164. <https://doi.org/10.30583/2020.3.149>
- Száhlender Lajos: A lövedékgázok és mérgező hatásuk. *Természettudományi Közlemények*, (1915), 631–632. 510–514.
- Számító-korong robbantáshoz. *Honvédségi Szemle*, (1964), 3. 79–80.
- Szeberényi István: A kumulatív robbanás elmélete. *Honvédségi Szemle*, (1956a), 6. 141–144.
- Szeberényi István: Robbanóanyagok a haditechnikában. *Katonai Szemle*, (1956b), 9. 104–110.
- Székely László: Port Arthur műszaki szemmel. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1905), 4. 423–445.
- Szilvássy László: Légibombák – termobárikus (aeroszol) bomba. *Repüléstudományi Közlemények*, 30. (2018), 3. 7–14.
- Szontagh Gusztáv: *Emlékbeszéd Tanárky Sándor felett*. A Magyar Tudós Társaság Évkönyvei, 5. kötet (1838–1840), Első Osztály. A Magyar Tudós Társaság történetei 1838–1840. Beszédek. 204–213.
- Sztanjukovics K. P. (szerk.): *A robbanás fizikája*. Moszkva, Nauka, 1975. (a Villamosipari Kutató Intézet saját fordítása, kiadásra nem került, csak az intézeti könyvtárban volt elérhető)
- Sztrokay Kálmán: Az ekrazit a háborúban. *Új Idők*, 21. (1915), 22. 558–560.
- Szurmay Sándor: A honvédség fejlődésének története annak felállításától napjainkig. 1868–1898. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1898), 11–12.
- Tanárky Sándor: *A hadtudományoknak az állodalmak, s különösen magyar hazánk fenntartására életbe ható fontosságáról*. A Magyar Tudós Társaság Évkönyvei, 5. kötet (1838–1840), Második Osztály. A Magyar Tudós Társaság értekezései 1838–1840, Mathematicai Osztály. 226–240.
- Technika*, (1925), 9–10. 157.
- Terék Tamás: Szemelvények a robbanóanyag- és gyújtószertárolás, -karbantartás előírásai-ból a magyar királyi honvédségben a két világháború között, a mai szabályozás tükrében. *Honvédségi Szemle*, (2019), 5. 135–143.
- Terék Tamás: Lőszer- és robbanóanyag-tároló katonai objektumok veszélyességi besorolásának jogszabályi követelményei, belső védelmi terve. *Katonai Logisztika*, (2020), 1–2. 224–241. Online: <https://doi.org/10.30583/2020/1-2/224>
- Textbook of Fortification and Military Engineering, for use at The Royal Military Academy*. Woolwich, 1886.
- TIT Hadtudományi Választmányának Elnöksége: Beköszöntő. *Hadtudományi Közöny*, 1. (1966), 1. 5.
- Torpedók a hadviselés szolgálatában (katonai munkatársunktól). *Vasárnapi Újság*, (1890), 8. 285–287.
- Tóth József: Robbanóanyagok és felszerelések az Eurosatory-2000 kiállításon. *Műszaki Katonai Közöny*, 11. (2001), 1–2. 52–66.
- Tóth József: A robbanóanyagok kiválasztásának és feldolgozási lehetőségeinek néhány kérdése. *Műszaki Katonai Közöny*, 14. (2004), 1–4. 113–126.
- Tóth József: Az emulziós robbanóanyagok története és katonai alkalmazásának lehetőségei. *Műszaki Katonai Közöny*, 17. (2007), 1–4. 157–170.



- Tóth József: Az iparirobbanóanyag-gyár rövid története. Előadás a *Fűrés-Robbantástechnika* 2008 Nemzetközi Konferencián, Vác, 2008. szeptember 16–18. Megjelent a *Robbantástechnika* periodika konferencia különszámában. 24–31.
- Tóth Ferenc – Kovács Zoltán: Hidak a magyar–jugoszláv határon. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32. (2022), 1. 27–48. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.1.3>
- Tóth József – Lukács László – Volszky Géza: Akna kisenciklopédia. Budapest, Tudomány-menedzsmentért, Tudás Alapú Technológiákért Alapítvány – Tercia Print Kft., 2012.
- Tóth József – Molnár László: *Műszaki tanulmány a „Földrobbantó töltet” megnevezésű témához*. MM Speciális Rt., 1999.
- Török László Ervin – Told Rudolfné: *Robbanóanyagok kémiája I*. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Kar, 2005.
- Turcsányi Gyula: Az osztrák–magyar hadianyagipar fegyver- és lőszer-teljesítménye a világháború alatt. *Műszaki Szemle*, 1. (1925), 1. 4–24.
- Ty.: A trinitrotoluolnak napfény hatására való szétbomlásáról. *Műszaki Szemle*, 1. (1925a), 5. 226.
- Ty.: A trinitrotoluol szétbomlása napsugarak behatására. *Műszaki Szemle*, 1. (1925b), 1. 79.
- Ty.: 350.000 tonna érc egy robbantással. *Műszaki Szemle*, 2. (1926a), 4. 224–225.
- Ty.: A szász űrlövés, mint új, előnyös robbantási mód. *Műszaki Szemle*, 2. (1926b), 4. 223–224.
- Ty.: Lazító robbantások. *Műszaki Szemle*, 2. (1926c), 3. 170.
- Ty.: Néhány szó a robbanószer gyűjtéséről; Megfigyelések trotylos és amatolos lövedékek leszerelésénél. *Műszaki Szemle*, 2. (1926d), 3. 170–171.
- Ty.: Robbantógyutacsok és iniciátorok. *Műszaki Szemle*, 2. (1926e), 4. 223–225.
- Ty.: Új robbanószer gránátok töltésére. *Műszaki Szemle*, 5. (1929), 2. 81–83.
- Ty.: A zselatindynamit robbanóképességéről és detonációsebességéről. *Műszaki Szemle*, 6. (1930a), 5–6. 224–226.
- Ty.: Lőpor és robbanószer tárolása. *Műszaki Szemle*, 6. (1930b), 2. 77–80.
- Ty.: Nitrokeményítő. *Műszaki Szemle*, 6. (1930c), 12. 545–547.
- Ty.: Robbantás folyékony szénsavval. *Műszaki Szemle*, 6. (1930d), 2. 76–77.
- Ty.: Új általános robbanószer. *Műszaki Szemle*, 6. (1930e), 11. 500–501.
- Ujhelyi Péter: *Az állandó hadsereg története I. Lipót korától Mária Terézia haláláig (1657–1780)*. Budapest, Magyar Tudományos Akadémia Könyvkiadó Hivatala, 1914.
- Új Honvédségi Szemle szerkesztősége – Tisztelt Olvasó! *Új Honvédségi Szemle*, (1991), 1. 1–2.
- Új robbanóanyag – atlasz-dynamit. *Ludovica Academia Közlönye*, (1880), július. 356.
- Új robbanó anyag Romániában. *Ludovika Akadémia Közlönye*, (1904), 1. 155.
- Új robbantószer – kámforos robbanó gelatine. *Ludovica Academia Közlönye*, (1879), március. 238–239.
- Ungvár Gyula: A kumulatív robbanás fizikája. *Haditechnikai Szemle*, (1975), 3. 73–76.
- Ungvár Gyula: A kumulatív robbanás fizikája. *Honvédségi Szemle*, (1979), 12. 30–34.
- Ungvár Gyula: Aeroszol robbanóanyagok – aeroszol lőszer. *Haditechnikai Szemle*, (1981), 2. 1–6.
- Ütköztetgáz. *Magyar Katonai Szemle*, 11. (1941), 12. 748.
- Vágótöltetek. (W. Faber cikke alapján, a Pioniere 1968. 3. számából). *Haditechnika*, 3. (1969), 2. 66–68.
- Vajda Pál R.: *Emlékezzünk a régiekről*. Budapest, Vasárnapi Könyv, 1942.
- Vajdafy Aladár: *Robbantó anyagok*. In Erdey-Grúz Tibor – Gróh Gyula (szerk.): *A kémia és vívmányai I. II. rész – A szervetlen világ anyagai*. Budapest, Királyi Magyar Természettudományi Társulat, 1940. 286–289.



- Valters, William: A Brief History of Shaped Charges. In *24th International Symposium on Ballistics*. I. kötet. New Orleans, LA, 2008. szeptember 22–26. 3–10.
- Varga József: *Katonai robbantástechnika*. Budapest, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia Műszaki Tanszék, 1983.
- Várhelyi Levente: Robbantásos sérülések sebészeti ellátásának kérdései. *Honvédorvos*, 54. (2002), 3–4. 95–103.
- Várhelyi Levente: *Robbanásos sérülések sebészeti ellátásának kérdései*. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2010.
- Vaskor Máté: Ledobták minden bombák anyja kínai verzióját. *24.hu*, 2019. január 4. Online: <https://24.hu/kulfold/2019/01/04/minden-bombak-anyja-kina-ledobtak/>
- Vaszilcsenko, V.: Robbanó aknazárak előkészítése az NSZK területén (fordítás). *Honvédelem*, 38. (1987), 6. 53–58.
- Vauban, Sebastien LePrestre de: *A Manual of Siegecraft and Fortification – Az ostromtechnika és az erődítés kézikönyve*. Ann Arbor, University of Michigan Press, 1968. (Mémoire pour servir d'instruction dans la conduite des sièges et dans la défense des places – Az ostromok vezetésére és a helyek védelmére vonatkozó utasításként szolgáló feljegyzés, Leiden, 1740. alapján ford. George A. Rothrock).
- Веремеев, Юрий Григорьевич (Veremejev): Подрывные заряды и средства взрывания Советской (Российской) Армии, Часть 6а – Специальные заряды ВВ промышленного изготовления. (A Szovjet/Orosz Hadsereg robbantótöltetei és -eszközei. 6/a rész. Speciális ipari gyártású töltetek). Online: <http://saper.isnet.ru/mines-4/RA-BB-06-01.html>
- Veress Róbert: Számítási eljárás a többszintes épületek romosodási folyamatának prognosztizálására és a keletkező romterhelések meghatározására I. *Műszaki Katonai Közlöny*, 6. (1996a), 1. 29–47.
- Veress Róbert: Számítási metodika az épületek védelemre való alkalmasságának értékelésére és erődítési berendezésük feladatainak meghatározására II. *Műszaki Katonai Közlöny*, 6. (1996b), 2. 14–25.
- Vidos Géza: A magyarság szerepe az Osztrák–Magyar Monarchia katonai műszaki szervezetének keretében. *Hadtörténelmi Közlemények*, (1941), 1. 135–136.
- Vinkler Mihály: *Földmunkák végzése robbantás felhasználásával*. Budapest, Haditechnikai Intézet 27. kiadványa, 1964. (megtalálható a Magyar Katonai Logisztikai Egyesület honlapjának szakmaioldal-gyűjteményében). Online: [www.mkle.net/logisztikai-szakgyujtemeny/szakmai-oldalak/szakagak/mu/](http://www.mkle.net/logisztikai-szakgyujtemeny/szakmai-oldalak/szakagak/mu/)
- Vörös László: A robbanóanyagok történeti fejlődése. *Műszaki Szemle*, 5. (1929), 6–8. 285–290.
- Vörös László: A robbanóanyag-ellátás problémája a háború alatt és után. *Műszaki Szemle*, 6. (1930), 9. 382–387.
- Wagner Béla: A lőpor fejlődés-története. *Ludovica Akadémia Közlönye*, (1892), 6–7. 600–616.
- Zechentmayer József: Port-Arthur ostroma. *Magyar Katonai Közlöny*, 1. (1908). 907–919.
- Zsiros Lajos – Hábel Tamás – Iványi János – Besze Tibor: A robbanás okozta sérülések sajátosságai. *Honvédorvos*, 49. (1997), 4. 262–275.
- Zsiros Lajos – Hábel Tamás – Iványi János – Besze Tibor: A robbanás okozta sérülések sajátosságai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 9. (1999), 3. 3–22.
- Zsiros Lajos – Lukács László – Cziffer Endre – Iványi János: Robbanás okozta sérülések sajátossága és ellátásuk speciális sebészeti vonatkozásai. Előadás a Magyar Traumatológiai Társaság 1999. évi vándorgyűlésén, Pécs, 1999. április 8–10. *Magyar Traumatológia, Ortopédia, Kézsebészet, Plasztikai Sebészet*, 42. (1999), Szupplementum 1. 68–72.

E kötetben a szerző nagy történelmi kirándulásra invitálja az olvasót a hazai katonai szakfolyóiratokban megjelent, robbantástechnikával foglalkozó cikkek világába, az 1800-as évek végétől napjainkig.

A hazai szakfolyóiratok megjelenésének első akadályát a magyar katonai szaknyelv hiánya jelentette. Az első fejezetben – többek között – erről is olvashatunk. A további fejezetek három alfejezetre bontva (az 1945-ig, az 1945–1990 között és az 1990-től napjainkig megjelent cikkek) mutatják be az adott témához kapcsolódó anyagokat. Három különböző társadalmi rendszer három hadseregének robbantástechnikai történelme elevenedik meg ezekben. Olvashatunk a robbantóanyagokról, a robbanás irányított hatásáról, a szerkezeti elemek és építmények robbantásáról, továbbá a föld- és sziklás kőzetek robbantásáról. A könyv utolsó fejezete egy szakmailag látszólag „idegen” kérdést jár körül: a robbanás egészségügyi hatásaival foglalkozó cikkeket mutatja be.

A kötet egyben a robbantástechnika kutatásával és fejlesztésével, a robbantás oktatásával, a kiképzéssel és a gyakorlati munkák kivitelezésével foglalkozó azon magyar műszaki katonáknak, szakembereknek kíván emléket állítani, akik értékes gondolataikat, eredményeiket a bemutatott szakfolyóiratokban osztották meg kortársaikkal.

ISBN 978-963-531-695-3



9 789635 316953